ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

นางสุวรรณา บุญเมือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก
วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2566

The Effects of Learning Management Based on STEM Education Approach in the Topic of Force and Motion on Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Vocational Certificate Students at Wang Klai Kangwon Industrial and Community Education College in Prachuap Khiri Khan Province

Mrs. Suwanna Boonmuang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Education in Science Education

School of Educational Studies

Sukhothai Thammathirat Open University

2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ชื่อและนามสกุล	นางสุวรรณา บุญเมือง
แขนงวิชา / วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.นราธิป ศรีราม)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ผู้วิจัย นางสุวรรณา บุญเมือง รหัสนักศึกษา 2652000155
ปริญญา: ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2) รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์ ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่เรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับรูปแบบปกติ 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่เรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับรูปแบบปกติ และ 3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่เรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกล-กังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 72 คน แล้วจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และ 3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มกับนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน 2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ สะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Thesis title: The Effects of Learning Management Based on STEM Education Approach in the Topic of Force and Motion on Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Vocational Certificate Students at Wang Klai Kangwon Industrial and Community Education College in Prachuap Khiri Khan Province

Researcher: Mrs. Suwanna Boonmuang; ID: 2652000155;

Degree: Master of Education (Science Education);

Thesis advisors: (1) Associate Professor Dr. Tweesak Chindanurak;(2) Associate Professor Chumnan Chaowakeratipong ; Academic year: 2023

Abstract

The objectives of this research were to 1) compare the learning achievement in the topic of Force and Motion between Vocational Certificate students learning through the STEM education approach and that of students learning through the traditional learning management; 2) compare scientific creative thinking of the students learning through the STEM education approach with that of students learning through the traditional learning management; and 3) compare the pre-learning and post-learning scientific creative thinking of students learning through the STEM education approach.

The research sample consisted of 72 Vocational Certificate students of Wang Klai Kangwon Industrial and Community Education College in Prachuap Khiri Khan Province from two intact classrooms obtained by cluster random sampling. Then, one class was randomly assigned as the experimental group while the other was assigned as the control group. The instruments used in this research were 1) learning management plans using the STEM education approach in the topic of Force and Motion and traditional learning management plans; 2) a science learning achievement test in the topic of Force and Motion; and 3) a scientific creative thinking test. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

The research findings revealed that 1) there was no significant difference in the learning achievement in the topic of Force and Motion between students learning through the STEM education approach and those learning through traditional learning management; 2) scientific creative thinking level of the students learning through the STEM education approach was significantly higher than the counterpart thinking level of the students learning through the traditional learning management at the .05 level of statistical significance; and 3) the post-learning scientific creative thinking of the students learning through the STEM education approach was significantly higher than their pre-learning counterpart at the .05 level of statistical significance.

Keywords : STEM Education, Learning achievement, Scientific creative thinking

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอบพระคุณอาจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ นางฉันทนา สุขน้อย ครูชำนาญพิเศษ โรงเรียนสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส นางวันดี ชนะบูรณาศักดิ์ ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยอาชีวศึกษากาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และนายศักดิ์สกุล คลังชะนัง ครูชำนาญการ วิทยาลัยการอาชีพสังขละ จังหวัดสุรินทร์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความกรุณาในการตรวจสอบ พิจารณา และให้คำแนะนำในการปรับปรุง พัฒนาเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล ที่ให้การส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาตนเองด้านการศึกษาของคณะครูในสถานศึกษา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษา เพื่อนครูแผนกวิชาสามัญที่ให้การช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา บูรพาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้ ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่สำคัญ ให้ผู้วิจัยสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสุวรรณา บุญเมือง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 6

กรอบแนวคิดการวิจัย 6

สมมติฐานการวิจัย 7

ขอบเขตการวิจัย 7

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 11

สะเต็มศึกษา (STEM Education) 12

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 30

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 40

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 57

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 57

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 57

การเก็บรวบรวมข้อมูล 74

การวิเคราะห์ข้อมูล 74

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 79
ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ 79
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ 80
ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 81
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 84
สรุปการวิจัย 84
อภิปรายผล 87
ข้อเสนอแนะ 95
บรรณานุกรม 97
ภาคผนวก 105
ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย 106
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ แผนที่ 2 108
ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ 136
ง แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 151
จ ภาพแสดงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการเก็บข้อมูล 184
ประวัติผู้วิจัย 187

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างและคำศัพท์ของกระบวนการทางปัญญาตามแนวคิดของบลูม 33
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความสอดคล้องของความคิดสร้างสรรค์ตามความหมายและบริบท 44
ตารางที่ 2.3 แผนผังโครงสร้างข้อสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 49
ตารางที่ 3.1 แสดงโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยการการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา 59
ตารางที่ 3.2 แสดงโครงสร้างเนื้อหาและการบูรณาการตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา 60
ตารางที่ 3.3 แสดงโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยการการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ 65
ตารางที่ 3.4 แผนผังโครงสร้างการออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 66
ตารางที่ 3.5 แสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 70
ตารางที่ 3.6 แผนผังโครงสร้างการออกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 71
ตารางที่ 3.7 โครงสร้างการให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 71
ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับข้อสอบแต่ละข้อ 71
ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 72
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ 80
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ 81
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 82

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แยกตามองค์ประกอบแต่ละด้านของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 82

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 7
ภาพที่ 2.1 โมเดลสมรรถนะความคิดสร้างสรรค์ 45

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกในศตวรรษที่ 21 วิวัฒนาการความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมเป็นไปอย่างก้าวกระโดด และเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของบริบทเศรษฐกิจและสังคมโลก ประเทศไทยปรับเปลี่ยนไปสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 เปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศให้เป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value - based Economy) ที่มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ (1) เปลี่ยนการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม (2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และ (3) เปลี่ยนจากเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคการบริการมากขึ้น (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ทุกภาคส่วนจึงต้องมีการขับเคลื่อนเพื่อตอบสนองกับทิศทางการผลิตและการพัฒนากำลังคนของประเทศ เช่นเดียวกับการจัดการศึกษาที่จะมุ่งเพียงเพื่อให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ทางวิชาการเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพออีกต่อไป การจัดการศึกษาในยุคนี้จึงต้องเป็นการศึกษา 4.0 ซึ่งจะต้องพัฒนาให้คนไทยมีความสามารถในการคิด โดยเฉพาะในด้านการคิดสร้างสรรค์ การคิดผลิตภาพเพื่อให้สามารถสร้างนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง และต้องจัดการศึกษาให้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้ มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ มาตอบสนองความต้องการของสังคม (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2560) ทักษะร่วมสมัยที่นักเรียนจำเป็นต้องมี ได้แก่ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการทำงานเป็นทีม ทักษะการสื่อสาร และความฉลาดทางอารมณ์ แม้ว่า ทั่วโลกจะยอมรับถึงความสำคัญของทักษะเหล่านี้ แต่ทักษะเหล่านี้มักถูกมองว่ายังไม่ได้รับการพัฒนา (Thomas Delahunty and Richard Kimbell, 2021) รูปแบบการจัดการศึกษาของประเทศไทยตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 จึงได้มีการปรับเปลี่ยนให้การจัดการศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะพื้นฐานของพลเมืองไทย และทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศท่ามกลางกระแสแห่งการเปลี่ยนแปลง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ตามกรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562 กำหนดให้การจัดการอาชีวศึกษาทุกระดับคุณวุฒิ ประเภทวิชาและสาขาวิชาต้องเน้นคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษาอย่างน้อย 4 ด้าน คือ ด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านความรู้ ด้านทักษะ และด้านความสามารถในการประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ โดยในด้านทักษะ กล่าวถึง ความสามารถปฏิบัติงานซึ่งบุคคลนั้นควรทำได้เมื่อได้รับมอบหมาย โดยสามารถเลือกใช้วิธีการจัดการและแก้ปัญหาการทำงานด้วยทักษะด้านกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตรรกะ ทักษะการหยั่งรู้และความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตหรือทักษะการปฏิบัติ หรือวิธีปฏิบัติที่มีความคล่องแคล่วและความชำนาญในการปฏิบัติตามเกณฑ์มาตรฐานคุณวุฒิอาชีวศึกษา แต่ละระดับ (กรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562, 2562) เห็นได้ชัดเจนว่าความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิจัยเกี่ยวกับสมอง และการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้กระบวนทัศน์ทางการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป การจัดการศึกษาทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดแบบวิจารณญาณ ฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือแสวงหาความรู้ และการมีทักษะทางสังคม แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่างๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้น มีความหมายต่อผู้เรียน ผู้เรียนจะเห็นประโยชน์คุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเป็นการเตรียมผู้เรียนในการเรียนต่อไปในชั้นสูงขึ้น เกิดการเพิ่มโอกาสการทำงานในอนาคต การเพิ่มมูลค่า และการสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

ความคิดสร้างสรรค์ ใน PISA 2022 กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถพื้นฐานจำเป็นต้องพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถนี้เพื่อการประสบความสำเร็จในชีวิตและสังคม และให้เหตุผลไว้ 4 ประการ ได้แก่ (1) ความคิดสร้างสรรค์ช่วยเตรียมเยาวชนให้ปรับตัวเข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งต้องการพนักงานที่มีความยืดหยุ่น เด็กทุกวันนี้จะถูกจ้างงานในตำแหน่งที่ยังไม่มี โดยใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อแก้ปัญหาใหม่ ๆ และความท้าทายใหม่ ๆ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จะช่วยเตรียมเยาวชนให้พร้อมสำหรับการปรับตัว การปฏิบัติงานที่ไม่สามารถลอกเลียนแบบได้ง่ายด้วยเครื่องจักร และจัดการกับความท้าทายที่ซับซ้อนมากขึ้นด้วยโซลูชั่นที่เป็นนวัตกรรม (2) ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้นักเรียนค้นพบและพัฒนาศักยภาพของตนเอง โรงเรียนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนานักเรียน นอกเหนือจากการเตรียมพวกเขาให้พร้อมสำหรับความสำเร็จในตลาดแรงงาน โรงเรียนยังต้องช่วยให้เยาวชนค้นพบและพัฒนาพรสวรรค์ของตนเอง รวมถึงพรสวรรค์ด้านความคิดสร้างสรรค์ของพวกเขาด้วย (3) ความคิดสร้างสรรค์สนับสนุนการเรียนรู้โดยการช่วยให้นักเรียนตีความประสบการณ์และข้อมูลในรูปแบบใหม่และมีความหมายส่วนบุคคล แม้ในบริบทของเป้าหมายการเรียนรู้อย่างเป็นทางการ การสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง

ซึ่งมีส่วนร่วมกับศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนและส่งเสริมการสำรวจและการค้นพบ ยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต่อสู้กับการเรียนรู้แบบท่องจำและวิธีการศึกษาแบบอื่นที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง และ (4) ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญในหลากหลายสาขาวิชา ตั้งแต่ภาษาและศิลปะไปจนถึงสาขาวิชา STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์) ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้นักเรียนมีจินตนาการ พัฒนาความคิดริเริ่ม คิดนอกกรอบ และการแก้ปัญหา (OECD, 2022)

วิทยาศาสตร์ เป็นพื้นฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่าง ๆ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยทำให้มนุษย์มีความคิดเป็นเหตุเป็นผล สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน มีความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงสามารถวางแผนและตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ อย่างไม่หยุดยั้ง ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจและการแข่งขันกับนานาประเทศได้ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นและสามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557)

จะเห็นได้ว่าทุกภาคส่วนให้ความสำคัญกับการศึกษาที่พัฒนาผู้เรียนให้เกิดองค์ความรู้เชิงวิชาการ ไปพร้อมกับการพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้านความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความสนใจและความสำเร็จทางวิชาการของนักเรียน ส่งเสริมพัฒนาการทางสังคมและอารมณ์ สนับสนุนการตีความประสบการณ์ การกระทำ และเหตุการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบใหม่และมีความหมาย ความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้นักเรียนปรับตัวเข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและรวดเร็ว พัฒนาความสามารถของตนเองในการทำงานที่ไม่อาจทำแทนได้ง่ายโดยเครื่องจักรกลและรับมือกับความท้าทายที่ซับซ้อนมากขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยแนวทางแก้ปัญหาที่ไม่ติดอยู่ในกรอบเดิม ๆ ช่วยให้พวกเขามีส่วนร่วมในการพัฒนาสังคมที่พวกเขาอาศัยอยู่ทั้งในปัจจุบันและในฐานะพนักงานในอนาคต (OECD, 2022)

จากประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย ซึ่งเป็นครูผู้สอนในสายอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยพบว่า ผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แล้วมาเลือกเรียนสายอาชีพ หรือสายอาชีวศึกษา ส่วนหนึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ชอบหรือไม่มีความถนัดในการเรียนวิชาสามัญในหมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่งสังเกตได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่จบมาจะอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และเมื่อครูจัดการเรียนการสอนเนื้อหาที่มีความซับซ้อนขึ้น ผู้เรียนกลุ่มนี้จะไม่ค่อยให้ความสนใจ ไม่กระตือรือร้นและทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดที่มอบหมายไม่ได้ รวมถึงเมื่อทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนก็จะต่ำกว่าเกณฑ์ นอกจากนี้ผู้เรียนส่วนใหญ่ก็ยังขาดในเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ สังเกตได้จากเมื่อครูมอบหมายงาน

ออกแบบ ผู้เรียนทำงานได้ แต่งานที่ออกแบบมามีลักษณะคล้าย ๆ กัน หรือเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้แก้ปัญหาร่วมกัน วิธีคิดแก้ปัญหาก็ยังไม่หลากหลาย เป็นรูปแบบเดิม ๆ ขาดการเสนอแนวคิดการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หรือเมื่อให้คิดหัวข้อจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ บางกลุ่มเลียนแบบโครงงานที่ได้จากการสืบค้นผ่านอินเตอร์เน็ต ไม่มีการพัฒนาชิ้นงาน ไม่มีแนวคิดเป็นของตนเอง สอดคล้องกับข้อมูลการสะท้อนจากสถานประกอบการที่รับนักเรียนเข้าฝึกงานหรือฝึกประสบการณ์วิชาชีพ พบว่า ผู้เรียนที่ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพส่วนใหญ่ไม่สามารถแสดงความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาได้ ขาดความคิดที่แปลกใหม่ และหลายรายไม่เสนอแนวคิดร่วม เป็นเพียงผู้ปฏิบัติตามคำสั่งเท่านั้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันจากห้องเรียนสู่การฝึกประสบการณ์วิชาชีพและการทำงานร่วมกับสถานประกอบการ ผู้วิจัยจึงคิดว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาอาจยังไม่เหมาะกับนักเรียนสายอาชีวศึกษา ยังไม่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน และยังไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องศึกษาและหาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ในเนื้อหาและช่วยส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไปพร้อม ๆ กัน

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างผลงานที่ตอบสนองต่อการแก้ปัญหาที่เคยพบเห็นและสอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริง โดยบูรณาการเนื้อหาและทักษะวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท], 2557) และ สสวท (2559) ยังกล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการพัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือรวมพลัง รวมทั้งมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง สอดคล้องกับ ฐิติวรดา พลเยี่ยม (2561) ซึ่งกล่าวไว้ว่า การแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยใช้เทคโนโลยี เชื่อมโยงกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งเป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับ Bybee (2020) ที่กล่าวถึงสะเต็มว่า สะเต็มศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานในอนาคต และสอดคล้องสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2560) แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 ซึ่งกำหนดเป้าหมายด้านผู้เรียน คือ มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs8Cs) โดยส่งเสริมให้สถานศึกษาจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ หรือสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ พัฒนากระบวนการคิดและการสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม องค์ความรู้และกรอบแนวคิดสะเต็ม จึงนับว่าเป็นรากฐาน

สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยประเทศที่ประชากรมีพื้นฐานความรู้สะเต็มอยู่ในระดับสูง จะส่งผลให้ประเทศนั้นมีความได้เปรียบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม จึงทำให้ประเทศต่าง ๆ ส่งเสริมให้มีการพัฒนาการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ศึกษาในศตวรรษที่ 21 (สุทธิดา จำรัส, 2560) และจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังงานวิจัยของอับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก ลัดดาวัลย์ นางประโคน (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปที่ 2 เรื่องการสะท่อนแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อน โดยใช่การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบวา นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสามารถในการคิดสร้างสรรคหลังเรียนสูงกว่ากอนเรียนในด่านความริเริ่ม ความคิดคลองแคลวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ส่วนด้านความคิดยืดหยุน และความคิดละเอียดลออ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ ณัฐชา พัฒนา (2561) ได้ศึกษาจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน แต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยแบบปกติ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนการรู้ในเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริง มีจินตนาการ ร่วมกันคิดและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ แบบไม่ยึดติด ส่งเสริมการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และประยุกต์ใช้ความรู้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป เป็นการพัฒนาความคิด

สร้างสรรค์ คิดริเริ่ม คิดนอกกรอบ อีกทั้งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ และเชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน อันจะนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไปพร้อมกันได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เป็นบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถสำเร็จการศึกษามีสมรรถนะตามที่หลักสูตรกำหนด มีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา การประกอบอาชีพในอนาคต สอดรับกับการเปลี่ยนแปลงของโลก และสามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุขในศตวรรษที่ 21

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

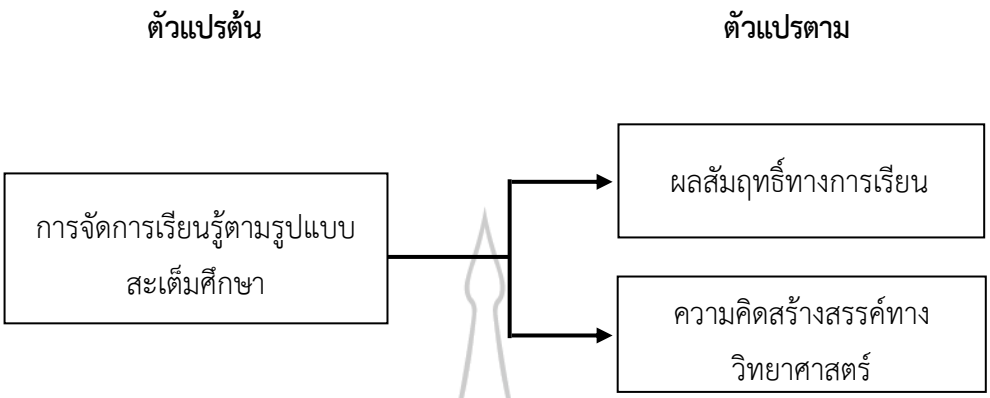
2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยการบูรณาการเนื้อหาความรู้ 4 ศาสตร์ภายในเนื้อหาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีการกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ให้ผู้เรียนนำความรู้มาแก้ปัญหาอย่างมีส่วนร่วม และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (สสวท, 2559) ซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามกรอบแนวคิดของ Bloom's Taxonomy และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2022 และสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

4.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

4.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 136 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

5.1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่มด้วยการจับฉลากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน

แล้วจับฉลากได้กลุ่มทดลอง 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/1 จำนวน 39 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/2 จำนวน 33 คน

5.2 ขอบเขตของตัวแปร

5.2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ

5.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.3 ขอบเขตของเนื้อหา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม รหัสวิชา 20000 - 1302 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นรายวิชาในกลุ่มสมรรถนะแกนกลาง จำนวน 2 หน่วยกิต เวลาเรียน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 2 หน่วย ได้แก่ (1) แรง และ (2) การเคลื่อนที่ ใช้เวลาในการศึกษา 18 ชั่วโมง

5.4 ขอบเขตของระยะเวลาการทดลอง

ดำเนินการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 3 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมบูรณาการเนื้อหาความรู้ 4 ศาสตร์ ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และแก้ปัญหาอย่างมีส่วนร่วม โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน (สสวท, 2559) ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงานผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 4 แผน

6.2 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เน้นให้ผู้เรียน แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ตามตามรูปแบบปกติ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 4 แผน

6.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียน โดยวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย และพิจารณาคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดอิงเกณฑ์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.4 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ มีประสิทธิภาพ มีการพัฒนาองค์ความรู้ และแสดงออกถึงจินตนาการที่เกิดประโยชน์ วัดตามการประเมินความคิดสร้างสรรค์ ของ PISA 2022 ประกอบด้วยการวัดองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ กำหนดบริบทของการตอบคำถามปลายเปิด 4 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย การแสดงแนวคิดด้วยภาพ การแก้ปัญหาด้านสังคม และการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ (OEDC, 2022) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาอย่างมีความสุข สนุกสนานกับกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถเชื่อมโยงแนวคิดในสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

7.2 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน การเรียนรู้เกิดขึ้นในบริบทที่นักเรียนมีความสนใจ มีความอิสระในการคิด และการสร้างชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและยั่งยืนมากขึ้น

7.3 ได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ ได้

7.4 ได้แนวทางในการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของ PISA 2022

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)
    1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา
    1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
    1.3 องค์ประกอบและลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษา
    1.4 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา
    1.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา
    1.6 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา
    1.7 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (Science Learning Achievement)
    2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    2.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    2.3 รูปแบบเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    2.4 การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
    2.5 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creative Thinking)
    3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
    3.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    3.3 องค์ประกอบและความคิดสร้างสรรค์
    3.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    3.5 การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    3.6 การหาคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยในประเทศ
    4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

ปลายศตวรรษที่ 20 ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกต่างตื่นตัวในการเตรียมพลเมืองของตนให้มีความพร้อมที่จะดำรงชีวิตในศตวรรษใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบกับในหลายประเทศประสบปัญหาคล้ายกัน คือ พลเมืองรุ่นใหม่ให้ความสนใจกับการศึกษาและประกอบอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดน้อยลง นอกจากนั้นผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ ก็มีแนวโน้มตกต่ำอีกด้วย ทำให้เกิดความตื่นตัวในการส่งเสริมให้พลเมืองศึกษาต่อและประกอบอาชีพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มากขึ้น เพื่อเป้าหมายในการเพิ่มจำนวนแรงงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (science and technology workforce) ซึ่งเป็นเหตุผลทำให้เกิดการบูรณาการศาสตร์หลักสี่ศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับว่าจะเป็นศาสตร์ที่ขับเคลื่อนโลกในศตวรรษที่ 21 นั่นคือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เกิดเป็นศาสตร์ใหม่ที่มีชื่อว่า STEM กล่าวถึงครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Foundation (NSF)) ประเทศสหรัฐอเมริกา ในช่วง ค.ศ. 1990 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เชื่อมโยงจากการขาดแคลนแรงงานทางด้านสะเต็ม และคะแนนการประเมินระดับนานาชาติทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ตกต่ำ ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้มีการส่งเสริมแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สำคัญสี่ศาสตร์ที่เล็งเห็นว่า มีส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศในทุกระดับการศึกษาเพื่อมุ่งให้เกิดความกระตือรือร้นในการที่จะเข้าเรียนหรือประกอบอาชีพในสายสะเต็มให้มากยิ่งขึ้น สะเต็มศึกษาได้รับความนิยมในหลากหลายประเทศทั่วโลก เนื่องมาจากโลกในปัจจุบันเต็มไปด้วยสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อนเกินกว่าที่ศาสตร์เพียงศาสตร์เดียวจะแก้ไขได้ (ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2565) การศึกษา STEM จึงถูกรวมเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายระดับชาติในหลายประเทศ เนื่องจากเชื่อว่าจะสามารถสร้างพลเมืองรุ่นต่อไปที่มีทักษะที่จำเป็นในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ

สำหรับประเทศไทย นโยบายรัฐบาลให้ความสำคัญกับการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นฐานในการพัฒนาสู่ประเทศไทย 4.0 ด้วยการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หรือ STEM นำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยกระทรวงศึกษาธิการเป็นแกนหลักในการขับเคลื่อนสะเต็มไปใช้ในระบบการศึกษา หรือที่เรียกว่า “สะเต็มศึกษา (STEM Education)” มาอย่างต่อเนื่อง มีการดำเนินการแผนแม่บท STEM ระยะ 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2562 เพื่อเพิ่มบุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมเพื่อรองรับนโยบาย

การศึกษา STEM และในปี พ.ศ. 2563 ผู้อำนวยการ สสวท. นายชูกิจ ลิมปิจำนงค์ ได้กล่าวว่า ประเทศไทยต้องการกำลังคนด้าน STEM จำนวนมาก สอดคล้องกับนโยบายการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ เป้าหมายสำคัญ คือ การทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ มองเห็นความเชื่อมโยงสู่อาชีพในอนาคตข้างหน้า นักเรียนจะได้ฝึกฝนเป็นคนรุ่นใหม่ที่มีความรู้ และทักษะในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ สามารถนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพ มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้ ซึ่งต้องใช้เวลาขับเคลื่อนต่อเนื่องหลายปี จึงจะทำให้ประสบผลสำเร็จ (ชูกิจ ลิมปิจำนงค์, 2563) และเหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องนำการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามาใช้ คือ (1) เยาวชนไทยยังมีความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้อยกว่านานาชาติ (2) ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง และ (3) กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556) ปัจจุบันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและระบุลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษาไว้ 5 ประการ คือ (1) มีการบูรณาการ (2) ท้าทายผู้เรียน (3) กระตุ้น Active learning (4) มุ่งเน้นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และ (5) เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (สสวท, 2557) อีกทั้งสะเต็มศึกษายังเป็นการบูรณาการที่เน้นทั้งแนวทางการสอนและแนวทางการเรียนที่มีลักษณะเป็นการเรียนแบบร่วมมือ เน้นการลงมือปฏิบัติของผู้เรียน ฝึกการคิดชั้นสูง เน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผนวกกับการเรียนรู้บนพื้นฐานของการออกแบบ (Design - based learning) ที่เป็นแนวทางการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมศาสตร์ที่ชัดเจน ทั้ง 4 วิชาของสะเต็มศึกษาเป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และความสามารถที่จะเป็นประชากรที่มีคุณภาพ รองรับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี พร้อมเข้าสู่การแข่งขันแรงงานในศตวรรษที่ 21 ได้ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และ ชนิพรรณ จาติเสถียร, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการศึกษาของประเทศไทยตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ที่มีการปรับเปลี่ยนให้การจัดการศึกษามุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษ ที่ 21 เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศท่ามกลางกระแสแห่งการเปลี่ยนแปลง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

สรุปได้ว่า การพัฒนาการศึกษาด้านสะเต็ม เป็นการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ สามารถส่งเสริมให้เด็กรู้จักวิธีคิดแก้ปัญหา คิดริเริ่มสร้างสรรค์ การออกแบบและประดิษฐ์สิ่งต่าง ๆ การคิดอย่างมีเหตุผล และการมีความรู้ทางเทคโนโลยี มีความรู้และทักษะในศตวรรษที่ 21 มองเห็นความเชื่อมโยงสู่อาชีพในอนาคตข้างหน้า และการการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ สามารถนำไปใช้ในการประกอบวิชาชีพได้ โดยสะเต็มศึกษา พัฒนาเริ่มต้น

มาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาและสร้างแรงงานทางด้านสะเต็ม รวมถึงส่งเสริมแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สำคัญ 4 ศาสตร์ที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ขยายต่อมายังประเทศต่าง ๆ ในโลก รวมถึงประเทศไทยด้วย

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษานั้น มีนักการศึกษาได้กำหนดความหมายไว้อย่างสอดคล้องกัน ดังต่อไปนี้

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า STEM Education คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science:S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้ STEM Education ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่อนุบาล ประถม ศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นวิทยาการจัดการเรียนรู้ แบบบูรณาการที่มีการนำวิทยาศาสตร์ (Science), เทคโนโลยี (Techonology), วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยผ่านวิทยาการจัดการเรียนรู้ที่มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน มีการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยการบูรณาการนั้นเน้นใช้การบูรณาการแบบ Transdisciplinary ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนแก้ปัญหาหรือทำโครงงานซึ่งต้องประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ทั้งวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) โดยได้ให้นิยามความหมายว่า

S = Science การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

T = Technology วัสดุ เครื่องมือ รวมถึงผลจากการพัฒนาปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ เพื่อสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์

E = Engineering เป็นกระบวนการแก้ปัญหา การออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

M = Mathematics เป็นเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน ปริมาณ และรูปทรงเรขาคณิตต่าง ๆ รวมทั้งกระบวนการทางเหตุและผล

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมี การบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

สสวท. (2559) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และชนิพรรณ จาติเสถียร (2560) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ 4 สาระวิชา ที่เป็นการบูรณาการทั้งความรู้ และทักษะของศาสตร์แต่ละศาสตร์ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่นำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าสิ่งต่าง ๆ การสร้างหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในโลกปัจจุบันหรือที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในชื่อทักษะในศตวรรษที่ 21

สุทธิดา จำรัส (2560) กล่าวถึงสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นกรอบแนวคิดการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการศาสตร์หรือสาขาวิชาทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยปัจจุบันเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เป็นที่รู้จักมากที่สุด รูปแบบหนึ่ง เนื่องจากเป็นนโยบายเพื่อขับเคลื่อนประเทศโดยเฉพาะด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2565) ได้ให้ความหมายของสะเต็มไว้ว่า สะเต็ม (STEM) คือ ศาสตร์ที่เกิดจากการบูรณาการศาสตร์หลัก 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งเป็นที่ยอมรับว่าต่างเป็นศาสตร์สำคัญในการขับเคลื่อนโลกในปัจจุบันและอนาคต หัวใจสำคัญของสะเต็ม คือ การบูรณาการ

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีเหตุมีผล การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ส่งเสริมการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการนำความรู้และทักษะไปใช้ในการปฏิบัติงาน การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ให้สอดคล้องกับในสถานการณ์โลกปัจจุบันและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

1.3 องค์ประกอบและลักษณะที่สำคัญของสะเต็มศึกษา

National Academy of Engineering (2014) ได้ให้ความหมายองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ อันได้แก่ กฎธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา โดยวิทยาศาสตร์นั้นหมายรวมถึงองค์ความรู้และกระบวนการ

2 เทคโนโลยี (Technology) คือ สาระที่ต้องประกอบไปด้วยระบบของมนุษย์ การจัดการ องค์ความรู้ กระบวนการ และเครื่องมือหรืออุปกรณ์ไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อตอบสนองความต้องการ

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสร้างสรรค์ ผลิตภัณฑ์โดยมนุษย์ และเป็นกระบวนการสำหรับแก้ปัญหา

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของปริมาณ (Quantities) ตัวเลข (Numbers) และที่ว่าง (Space)

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้อธิบายลักษณะของสะเต็มศึกษา ไว้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science:S) เทคโนโลยี (Technology:T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer:E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics:M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) โดยบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1.1 วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry - based ScienceTeaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

1.2 เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

1.3 วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิด สร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

1.4 คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด(Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher - Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project - based Learning, Problem-based Learning, Design - based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็ จะยิ่งเพิ่ม

ความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนและ สอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 รวม 3 ด้าน ได้แก่

3.1 ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

3.3 ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ ตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

สสวท. (2559) กล่าวถึง สะเต็มศึกษา ว่าเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงงาน (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้เป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนพึงมี นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยการนำศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะของการผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา พุทธศักราช 2542 ซึ่งการบูรณาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การบูรณาการเนื้อหา (Integration of subject areas) การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ (Integration of learning process) และการบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ (Integration of learning outcome) เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การบูรณาการเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาของสาระต่าง ๆ หรือระหว่างกลุ่มสาระมาสัมพันธ์เกี่ยวข้อง เชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน โดยอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นปัญหาแล้วนำเนื้อหาต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องหรือหัวข้อนั้นมาผสมผสานกันโดยใช้ทักษะต่าง ๆ เข้ามาเชื่อมโยง เพื่อให้ผู้เรียนได้ความรู้ ทักษะ และเจตคติตามที่ต้องการ

2. การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบและวิธีการต่าง ๆ ของการถ่ายทอดความรู้ ของผู้สอนมาผสมผสานเข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน หรือการจัดให้ผู้เรียนได้สามารถแสวงหา ความรู้จากกระบวนการและวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่อง เป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเนื้อหาอะไรบ้างและแต่ละเนื้อหาจะสอนด้วยวิธีใด

3. การบูรณาการเป้าหมายของการเรียนรู้ เป็นการบูรณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นหลัก โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมี เป้าหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นก็นำเนื้อหาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับ ประเด็นที่จะศึกษานั้นมาผสมผสานเชื่อมโยงกัน โดยมีเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

สุทธิดา จำรัส (2560) กล่าวถึงสะเต็มศึกษา ไว้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความมุ่งหมายที่สอดคล้องกับกับนิยามของสะเต็ม โดยออกแบบมาเพื่อให้ ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ใช้ฐานแนวคิดที่สอดคล้องและต่อยอดจาก ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก และอาจจะมีการเชื่อมโยงระหว่างมาตรฐานหรือตัวชี้วัดในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หรือต่างกลุ่มสาระหรือต่างวิชา (Discipline) ซึ่งสอดคล้อง กับระดับการบูรณาการขั้นสูงคือข้ามสาขาวิชา (Transdisplinary) โดยรูปแบบของกิจกรรมจะเน้นการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้ นำความรู้และทักษะไปใช้อย่างมีความหมาย จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และประสบการณ์วิชาการรับใช้สังคมของผู้เขียน จึงนำเสนอกรอบในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่จำเป็น (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่าง ชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก

2. การออกแบบกิจกรรมอ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” (Learning Progression) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการ รวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (Spiral Curriculum) โดยผู้เรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับ พัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive Demand)

3. การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับผู้เรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน และเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) โดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบท (Context) ตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้น ซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือ ความเข้าใจเรื่อง พลังงานในภาพรวมของประเทศ

4. ผู้เรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (21" Century Learning) (Partnership for 21" Century Learning, 2011) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน

5. กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การรังสรรค์ชิ้นงาน/โครงการตาม แนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project - based Learning) ที่เน้นกระบวนการออกแบบ หรือ แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem - based Learning) ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา

6. เน้นการวัดผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Formative Assessment) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็ม คือ โครงการหรือชิ้นงาน (Project/Artifact) หรือ การแก้ปัญหา (Problem Solving)

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และชนิพรรณ จาติเสถียร (2560) กล่าวถึงลักษณะของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นการเตรียมพร้อมนักเรียนใน 5 ด้านสำคัญ คือ

1. การเข้าใจเนื้อหาที่เป็นแกนหลักทางวิชาการ
2. การคิดอย่างมี วิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน
3. การทำงานเป็นกลุ่ม
4. การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ
5. การเป็นผู้ริเริ่ม และรับคำวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างดี

ฐิติวรดา พลเยี่ยม (2561) ได้กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้
2. มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด
3. มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (active learning) ของผู้เรียน
4. ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้
5. สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความ เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาบูรณาการธรรมชาติของศาสตร์ 4 ศาสตร์ ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยสามารถบูรณาการในเนื้อหา บูรณาการในกระบวนการเรียนรู้ หรือบูรณาการในเป้าหมายของการเรียนรู้ เพื่อเตรียมพร้อมและพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ คุณลักษณะที่เหมาะสมกับโลกในศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้และทักษะไปใช้ในการปฏิบัติงานการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และสอดคล้องกับในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

1.4 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา

นักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้ระบุเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

National Research Council (2012) ระบุเป้าหมายของการศึกษาสะเต็มศึกษาของสหรัฐอเมริกา เพื่อเพิ่มการฝึกอบรมระดับสูงในสาขางานสะเต็ม ขยายจำนวนแรงงานที่มีความรู้ความสามารถด้านสะเต็มศึกษา และเพิ่มความรอบรู้ในสาขาสะเต็มศึกษา สหรัฐอเมริกา จึงกำหนดเป้าหมายการศึกษาด้านสะเต็มไว้ 3 ประการดังนี้

1. เพื่อเพิ่มจำนวนนักศึกษาที่มุ่งสู่ระดับปริญญาด้านสะเต็มศึกษา เพื่อเพิ่มตำแหน่งงานด้านสะเต็มศึกษาให้มากขึ้น และเพื่อเพิ่มโอกาสการเรียนด้านสะเต็มศึกษา จึงมีการจัดการสอนสะเต็มศึกษาตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงชั้นมัธยมปลาย

2. เพื่อเพิ่มจำนวนแรงงานที่มีความรู้ความสามารถและทักษะด้านสะเต็มให้มากขึ้น โดยเฉพาะแรงงานสตรีและชนกลุ่มน้อยในกำลังแรงงานของประเทศ

3. ต้องการให้นักเรียนทุกคน มีความรอบรู้เกี่ยวกับสะเต็ม ถึงแม้ว่าจะไม่เรียนด้านสะเต็มศึกษาหรือมุ่งตำแหน่งงานด้านสะเต็มก็ตาม

Vasquez et al. (2013) ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในโลกที่มีความเจริญทางด้านเทคโนโลยีสูงและเป็นผู้รู้สะเต็ม (STEM literacy)

Honey et al. (2014) ได้เสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการรู้สะเต็ม ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของแนวคิดสะเต็มไว้ดังนี้

1. มีความตระหนักถึงบทบาทความสำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในชีวิตประจำวัน

2. มีความคุ้นชินกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดสะเต็มศึกษากับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้นได้

3. มีการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ รวมทั้งในการทำงานหรือประกอบอาชีพต่าง ๆ

สสวท. (2556) อธิบายจุดเริ่มต้นที่ต้องนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในประเทศไทย มีเป้าหมาย ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของเยาวชนไทยซึ่งยังด้อยกว่านานาชาติ

2. เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรม เพื่อพัฒนาประเทศไทยให้หลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง

3. เพื่อพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคต

สสวท. (2557) กล่าวถึงเป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ การรู้สะเต็มศึกษา (STEM literacy) เป็นการพัฒนาผู้เรียน ให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literate) ผู้รู้คณิตศาสตร์ (math literate) และผู้รู้เทคโนโลยี (technology literate) ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ในวิชาการที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาประกอบด้วย

1. เป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถเชื่อมโยง ความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุ เป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและ มีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2. เป้าหมายของการสอนคณิตศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัย และการตัดสินใจที่ดี

3. เป้าหมายของการสอนเทคโนโลยี คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและความสามารถใน การใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)

4. เป้าหมายของการสอนวิศวกรรมศาสตร์ คือ การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในออกแบบและสร้างเทคโนโลยี โดยประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า

สสวท. (2565) อธิบายเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การพัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือรวมพลัง รวมทั้งมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง

ไกรสุจิต ขีดขั้น และคณะ (2565) ได้กล่าวไว้ว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การพัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำ งานเป็นทีม และการร่วมมือรวมพลัง รวมทั้ง มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ (2565) กล่าวไว้ว่า ประเทศไทยกำหนดให้สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นส่วนหนึ่งในยุทธศาสตร์ของการพัฒนาชาติในระยะยาว 20 ปี (พ.ศ. 2561 - 2580) โดยมีเป้าหมายของสะเต็มศึกษา 2 ประการ คือ

1. การส่งเสริมการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM literacy) ให้กับพลเมืองทุกคน โดยการรู้เรื่องสะเต็ม หมายถึง การมีความรู้ คุณลักษณะ ความสามารถ และทักษะ ที่สำคัญสำหรับการมีส่วนร่วมของนักเรียนที่ก่อให้เกิดผลในการศึกษา การประกอบอาชีพ และการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม

2. การเพิ่มจำนวนบุคลากรในสาขาวิชาชีพด้านสะเต็ม (Workforce in STEM) เป้าหมายนี้เป็น ผลที่สืบเนื่องมาจากเป้าหมายที่ 1 โดยหลังจากการสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว นอกจากการมีคุณลักษณะของการรู้เรื่องสะเต็มในฐานะพลเมืองแล้ว นักเรียนยังถูกคาดหวังให้เลือกศึกษาต่อในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ นักเรียนเป็นบุคลากรด้านสะเต็มที่จะ ขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของชาติด้วยการสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มีมูลค่าต่อไป

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษามีเป้าหมาย เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ว่าเป็นเรื่องใกล้ตัว สามารถนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน การทำงานหรือประกอบอาชีพได้จริง สามารถพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ทางด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา การสื่อสาร และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ผลักดันให้พลเมืองสนใจทางด้านสะเต็ม เพิ่มปริมาณบุคลากรและความสามารถบุคลากรด้านสะเต็มเพื่อเป็นฐานในการพัฒนาประเทศ นำองค์ความรู้มาบูรณาการสู่การคิดแก้ปัญหา สร้างสรรค์เป็นนวัตกรรมใหม่ ให้สามารถเชื่อมโยงกับอาชีพ สามารถแข่งขันในระดับนานาชาติ และเป็นการขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของชาติในอนาคต

1.5 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักวิชาการได้เขียนระบุไว้หลากหลายทฤษฎีการเรียนรู้ แต่ที่ปรากฏเห็นได้ชัดกล่าวถึงทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ หรือ Constructionism (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559; ศักดิ์สกุล คลังชะนัง, 2559; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559; ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561; วรรณพร สิงห์บุญ 2562; นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2565) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดย Seymour Papert ซึ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่เป็นรูปธรรม โดยเชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้ดีที่สุดเมื่อพวกเขามีโอกาสสร้างชิ้นงานหรือโครงการที่มีความหมายต่อตนเอง ทฤษฎีนี้ได้รับอิทธิพลจากแนวคิด Constructivism ของ Jean Piaget แต่ขยายแนวคิดนี้ไปในทิศทางที่เน้นการปฏิบัติจริงมากขึ้น โดย Papert มองว่าการเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในบริบทที่นักเรียนมีความสนใจ และการสร้างชิ้นงานหรือโครงการช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและยั่งยืนมากขึ้น และสามารถช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และตามหลักการของทฤษฎีนี้ที่นักวิชาการได้กล่าวไว้ พิจารณาประเด็นการสนับสนุนการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ดังนี้

1. เป็นการสร้างความรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การที่ผู้เรียนมีโอกาสสร้างสรรค์ชิ้นงานในการแก้ปัญหาช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้จากหลายสาขาวิชา เช่น การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์จะต้องใช้ความรู้ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ในการเข้าใจหลักการทำงานของหุ่นยนต์ ด้านเทคโนโลยีในการใช้เครื่องมือ ด้านวิศวกรรมในการออกแบบ และด้านคณิตศาสตร์ในการคำนวณและวัดผล ซึ่งทั้งหมดนี้ตรงกับหลักการของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2. การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบ Constructionism ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดอย่างสร้างสรรค์และมีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในสะเต็มศึกษา การสร้างสิ่งของหรือโครงการช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ การวางแผน และการปรับปรุงแนวคิดในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

3. การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การที่ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดและสร้างสรรค์สิ่งที่ตนเองสนใจ ทำให้การเรียนรู้มีความหมายและน่าตื่นเต้นมากขึ้น ส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความลึกซึ้งและยั่งยืน ซึ่งเป็นหัวใจของสะเต็มศึกษา ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

สรุปได้ว่า ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ของ Seymour Papert มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เนื่องจากทฤษฎีนี้เน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ (Learning by Doing) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของสะเต็มศึกษา โดยมีการบูรณาการความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน

1.6 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

สสวท. (2559) กล่าวถึงการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ว่าเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การระบุปัญหา
2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

5. การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

6. การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้เป็นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม(Engineering Design Process) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีการนำทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 มาใช้ประกอบในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สิ่งที่ควรคำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน มีดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้ มากที่สุด

2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน

3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

พลศักดิ์ แสงพรมศรี และคณะ (2558) ได้นำเสนอขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มไว้ 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็ม 5 ขั้นตอน คือ

1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหาหรือความต้องการ รวมทั้งเงื่อนไขต่าง ๆ จากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 7 แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ตามแนวคิด TPCK

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหา หรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ไขปัญหาและต้องสรุปองค์ความรู้นั้นเอง รวมทั้งต้องทำการทดลองเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกสารเคมีและอุปกรณ์ ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของผู้เรียนเองทั้งหมด

3. การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนช่วยกันระดมความคิด วางแผน วาดรูป และแสดง ชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ซึ่งการที่ผู้เรียนสามารถวาดรูปออกแบบชิ้นงานออกมาได้จะแสดงถึงได้ผ่านกระบวนการคิด เป็นลำดับขั้นมาก่อนแล้วเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานและปฏิบัติจริง

4. การทดลอง ขั้นนี้ผู้เรียนต้องทำการทดลองตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบไว้ และนักเรียน จะต้องบันทึกข้อมูลทุกอย่างที่ได้เพื่อนำไปพิจารณาผลการทดลองต่อไป

5. การประเมินและปรับปรุงแก้ไข ผู้เรียนจะได้ประเมินผลการทดลองที่ได้ของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งบอกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองและบอกวิธีในการปรับปรุงแก้ไข หากยังไม่สามารถแก้ปัญหาตามเงื่อนไข หรืออาจแก้ปัญหาได้ตามเงื่อนไข และยังต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบด้วย

ตอนที่ 2 กล่าวไว้ว่า ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ที่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เพื่อตอบโจทย์ปัญหาหรือแก้ไขปัญหาที่พบเจอ โดยให้ผู้เรียนนำชิ้นงาน หรือแนวทางที่ได้จากตอนที่ 1 มาใช้ประกอบเพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปใช้งานหรือรายงานผล ซึ่งในตอนนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมาใช้สืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้คำนวน เพื่อให้ได้ผลการปฏิบัติภารกิจสมบูรณ์ที่สุด

จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (The National Research Council, 2012; สสวท, 2559; สะอาด พลซื่อ และขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2566) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้าง ชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับ ขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอ แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีนักวิชาการอธิบายขั้นตอนไว้หลายรูปแบบ ซึ่งมีทั้ง 5 ขั้นตอน 6 ขั้นตอน และ 7 ขั้นตอน แต่ไม่ว่ามีกี่ขั้นตอนก็มีความสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ตามแนวของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ประกอบด้วย ขั้นการระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ เนื่องจากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดมีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (active learning) ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต

1.7 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2559) กล่าวถึงบทบาทครูผู้สอนในการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ด้วยรูปแบบ 5 E ไว้ดังนี้

1. ครูใช้คำถามเพื่อนำสู่การกำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจและท้าทาย กระตุ้นให้นักเรียนอยากค้นหาคำตอบโดยการออกแบบและปฏิบัติการด้วยตนเอง

2. ครูนำอภิปรายประกอบการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์

3. ครูกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนการมอบหมายให้นักเรียนออกแบบและทำการตรวจสอบ เช่น เรื่องความสำเร็จของงาน ระยะเวลา วัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น

4. ครูสำรวจความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

5. ครูเป็นผู้ชี้แนะโดยการใช้คำถามเพื่อนำสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ และการสร้างสรรค์และการทดสอบ ประสิทธิภาพของผลงาน

6. ครูชี้แจงแนวทางและให้นักเรียนแต่ละคนคิดและออกแบบโดยใช้ แนวความคิดของตนเองก่อน ต่อจากนั้นให้นักเรียนภายในกลุ่มวางแผนการทำงานร่วมกัน โดยการระดมความคิดเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นแนวความคิดของกลุ่ม

7. ครูสนับสนุนแหล่งเรียนรู้สื่อ อุปกรณ์ ประกอบการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานของนักเรียน

8. ครูออกแบบใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้เป็นแนวทางพอสังเขป เพื่อให้นักเรียนสามารถบรรลุเป้าหมายตามแนวทางการเรียนรู้ที่นอกจากองค์ความรู้แล้วยังมุ่งเน้นการเรียนผ่านกระบวนคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา การวางแผน กระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ

9. ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มและกระตุ้นให้เกิดการตรวจสอบคุณภาพหรือทดสอบประสิทธิภาพของงาน

10. ครูสะท้อนความคิดต่อผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน และใช้คำถามช่วยกระตุ้น หรือนำเข้าสู่เป้าหมายที่สำคัญของการเรียนรู้

11. ครูคอยชี้แนะ ให้ความรู้เพิ่มเติมหรือแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

12. ครูวางแผนการประเมินโดยกำหนดรายการประเมิน วิธีประเมิน สัดส่วนคะแนน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน

สสวท. (2559) การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน ครูมีบทบาทดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมใน การทำงานด้วยกัน

3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดง ความคิดเห็นของตนเองออกมา

5. ปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรม ที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

ณัฐชา พัฒนา (2561) ได้เสนอเกี่ยวกับบทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้นน่าสนใจสนุกสนานมีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง และท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. เป็นโค้ช (Coach) หรือ เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

7. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

8. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลองโดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูมีบทบาทสำคัญ สรุปได้ดังนี้

1. ครูต้องวางแผนกิจกรรมเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน มีการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ทางวิศวกรรมล่วงหน้า เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการทำกิจกรรม วางแผนด้านเวลาและควรเผื่อเวลาในการทำกิจกรรม

2. ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดจินตนาการอย่างสร้างสรรค์ ไม่ปิดกั้นความคิดของนักเรียน และสร้างบรรยากาศในการเรียนที่ผ่อนคลาย

3. ขั้นระบุปัญหา ครูควรเลือกสถานการณ์ใกล้ตัวที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยให้นักเรียนสนใจ เกิดมีความกระตือรือร้น และทำให้นักเรียนได้วิเคราะห์ถึงปัญหาที่แท้จริง

4. ขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา ครูควรนำสื่อที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการสร้างชิ้นงานมาให้นักเรียนได้ดูเป็นแนวทาง จากนั้นให้นักเรียนได้วางแผนก่อนที่จะค้นหาความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม แล้วทำการสรุปโดยเขียนเป็นแผนผังความคิด

5. ขั้นวางแผน ครูต้องเน้นให้นักเรียนคำนึงถึงการวาดภาพร่างที่ถูกต้อง และอธิบายถึงวิธีการสร้างได้ครบตามองค์ประกอบนั้น ๆ เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามกำหนดรายละเอียด พร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้างได้ และการให้นักเรียนวาดภาพที่เคยเห็นมาก่อน จะช่วยให้นักเรียนวาดภาพร่างได้รวดเร็วขึ้น

6. ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน ครูกำหนดให้เวลานักเรียนสร้างสรรค์ชิ้นงาน ให้นักเรียนเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ทางวิศวกรรมและสร้างชิ้นงานตามแบบร่าง และให้มีการเปรียบเทียบชิ้นงานที่สร้างกับภาพร่างเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง

7. ขั้นทดสอบและปรับปรุง ครูให้นักเรียนทำการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานของตนเอง สามารถซ่อมแซม ปรับปรุงชิ้นงานได้ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงปัญหามากขึ้น และทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้าง และที่สำคัญครูต้องเน้นย้ำเรื่องการจดบันทึกเกี่ยวกับการแก้ไขระหว่างการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน เพื่อแสดงถึงพัฒนาการของนักเรียน

สรุปได้ว่า ครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็ม ซึ่งจะส่งผลไปถึงบทบาทที่นักเรียนจะตอบสนองออกมาได้ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของนักเรียนและการสนับสนุนจากครู เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีประสิทธิภาพ เมื่อจัดกลุ่มบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ผู้สร้างสรรค์สถานการณ์การเรียนรู้ ครูทำหน้าที่ออกแบบสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

2. ผู้แนะนำและชี้แนวทาง ครูให้คำแนะนำเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ปัญหา และการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยไม่ให้คำตอบสำเร็จรูป แต่กระตุ้นให้นักเรียนคิดและค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

3. ผู้สนับสนุนการดำเนินการ ครูช่วยแนะแนวทางในการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา รวมถึงการจัดเตรียมทรัพยากรและเครื่องมือที่จำเป็น พร้อมให้การสนับสนุนเมื่อพบปัญหา

4. ผู้ประเมินและให้ข้อเสนอแนะ ครูทำหน้าที่ประเมินผลการทดสอบและการนำเสนอผลงานของนักเรียน พร้อมให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข และส่งเสริมการเรียนรู้ต่อไป

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของผู้เรียนว่าผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการเรียนรู้อยู่ในระดับใด จากการศึกษาบทความทางวิชาการและงานวิจัยต่าง ๆ มีนักวิชาการ และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังต่อไปนี้

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2564) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ กระบวนการ เจตคติ คุณลักษณะ สมรรถนะ และพฤติกรรม จากการเรียนรู้และประสบการณ์ที่เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถสังเกต วัด และประเมินได้

สมคิด พรมจุ้ย (2564) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของนักเรียนด้านพุทธิพิสัยของผู้เรียนและเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของผู้เรียน หลังจากที่ได้ผ่านการเรียนการสอนจากครูในรายวิชาวิทยาศาสตร์

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2564) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (science Learning Achievement) หมายถึง ความรู้และทักษะในเนื้อหา สาระที่ผู้เรียน ได้เรียนรู้ไปแล้ว หลังจากมีการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยแสดงออกเป็นพฤติกรรมต่าง ๆ

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยแสดงออกเป็นพฤติกรรมต่าง ๆ สามารถสังเกตและวัดได้จากคะแนนผลสอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วัดระดับพฤติกรรม 4 ระดับ ได้แก่ ความรู้ ความจำ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

2.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สมคิด พรมจุ้ย (2564) กล่าวถึง การวัดผลการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ตามแนวความคิดของลีโอโพลด์ อี คลอปเฟอร์ (Leopold E Klopfer) ซึ่งแบ่งกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่มใหญ่และแบ่งเป็นพฤติกรรมย่อย 36 ประการ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำแบ่งเป็นพฤติกรรมย่อย ๆ ดังนี้ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์วิทยาศาสตร์ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง ลำดับชั้นและแนวโน้ม การแยกประเภทจัดประเภทและเกณฑ์ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความเข้าใจ ได้แก่ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1) การสังเกตและการวัด ประกอบด้วย ความสามารถในการสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ การบรรยายสิ่งที่สังเกตโดยใช้ภาษาที่เหมาะสม การวัดสิ่งของขนาดของวัตถุ

ปรากฏการณ์ และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม การประมาณค่าในการวัดและรู้ข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้วัด

2) การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การมองเห็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐาน การออกแบบทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3) การตีความหมายข้อสรุปและการสรุป ประกอบด้วย การจัดกระทำกับข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปล การแปลความหมายของผลการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การเพิ่มเติมและการขยายผลจากการสังเกตและการทดลอง การตรวจสมมติฐานด้วยข้อมูล การสร้างข้อสรุป (กฎหรือหลักการ) ที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธ์ที่พบ

4) การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี ประกอบด้วย มีความเข้าใจถึงความจำเป็นที่ต้องมีแบบจำลองเชิงทฤษฎี การสร้างแบบจำลองเชิงทฤษฎีที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม การระบุปรากฏการณ์และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองเชิงทฤษฎี การสร้างสมมติฐานจากแบบจำลอง เชิงทฤษฎี การแปลความหมายและการประเมินผลการทดลองเพื่อตรวจสอบแบบทดลองเชิงทฤษฎี การปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลองเชิงทฤษฎี และการใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง

4. ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ได้แก่ การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

ทรงพล ผดุงพัฒนากูล (2565) อธิบายพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของแฮมมอน (Hammond) เป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับความสามารถในการจำหรือการระลึกได้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่าและการสร้างสรรค์ โดยเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในด้านพุทธิพิสัย คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชัย วงษ์ใหญ่ และกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557) อธิบายไว้ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ว่าการประเมินความสามารถของผู้เรียนจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนด แบ่งตามแนวคิดของบลูม (Bloom’s Taxonomy, 1956) ได้ 6 ลำดับขั้นตอนต่อมาแอนเดอร์สัน (Lorin Thomas) ได้รวบรวมนักจิตวิทยา นักทฤษฎีหลักสูตร นักวิจัยทางด้านการเรียนการสอนและผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดและประเมินผล ทำการปรับปรุงจุดมุ่งหมายการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมเพื่อให้สอดคล้องกับการเรียนในศตวรรษที่ 21 (The Revised Bloom’s Taxonomy, 2001) การปรับเปลี่ยนในส่วนโครงสร้างและคำศัพท์ใช้เป็นชื่อของกระบวนการทางปัญญาเปรียบเทียบกันได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างและคำศัพท์ของกระบวนการทางปัญญาตามแนวคิดของบลูม

Bloom's Taxonomy (1956)	The Revised Bloom's Taxonomy (2001)
1. ความจำ (Knowledge)	1. จำ (Remembering)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2. เข้าใจ (Understanding)
3. การนำไปใช้ (Application)	3. ประยุกต์ใช้ (Applying)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	4. วิเคราะห์ (Analyzing)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)	5. ประเมินค่า (Evaluating)
6. การประเมินค่า (Evaluation)	6. คิดสร้างสรรค์ (Creation)

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2565) อธิบายพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม ตามแนวคิดใหม่ จำแนกออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการละลึกเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุได้ คำกริยาที่นำมาใช้ในระดับความจำ เช่น ระบุ ละลึก นิยาม บอกชื่อ เป็นต้น

2. การเข้าใจ (understanding) หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความหมายของเรื่องราวต่าง ๆ โดยการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุปอ้างอิง คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับเข้าใจ เช่น อธิบาย แปลความหมาย สรุป ถอดความ แสดงตัวอย่าง จัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่ ย่อความ เป็นต้น

3. การประยุกต์ใช้ (applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับประยุกต์ เช่น คำนวณ ดำเนินการให้สำเร็จ แก้ปัญหา ตรวจสอบ ใช้ เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ (analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ แยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับวิเคราะห์ เช่น จำแนก คัดเลือก ทดลอง เปรียบเทียบ วิเคราะห์ เป็นต้น

5. การประเมินค่า (evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจารณ์ ตัดสินเรื่องราวต่าง ๆ โดยอาศัยเกณฑ์ และมาตรฐานที่กำหนด คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับประเมินค่า เช่น ทดสอบ ตัดสิน ทดลอง ค้นหา อ้างอิง วิพากษ์ ประเมิน เป็นต้น

6. การคิดสร้างสรรค์ (creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ วางแผนผลิตจาก การใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้มาก่อน คำกริยาที่นำมาใช้ในการวัดระดับคิดสร้างสรรค์ เช่น สร้าง ออกแบบ ประดิษฐ์ วางแผน ผลิต เขียน เป็นต้น

สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดพฤติกรรมความสามารถทางสติปัญญาหลังจากที่ผู้เรียนได้ผ่านการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้ว โดยสามารถแบ่งเป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยได้ 6 ระดับ คือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และคิดสร้างสรรค์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 4 ระดับ คือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ โดยยึดแนวคิดของบลูม ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

2.3 รูปแบบเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) กล่าวว่า รูปแบบของคำถามในแบบทดสอบ มีการจัดแบ่งรูปแบบของคำถามในแบบทดสอบที่หลากหลาย แต่โดยทั่วไปนิยมแบ่งตามลักษณะการตอบเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบปรนัย และแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง

1. แบบทดสอบแบบปรนัย คำถามแบบปรนัยเป็นคำถามที่มีความชัดเจนใน 3 ลักษณะ คือ ความชัดเจนของข้อคำถาม ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน และความชัดเจนของการแปลความหมาย ของคะแนนที่ได้จากการวัด รูปแบบของคำถามในแบบทดสอบมีหลายรูปแบบ ดังนี้

1.1 แบบถูกผิด (True - False Item)

1.2 แบบเลือกตอบหรือแบบหลายตัวเลือก (Multiple Choices)

1.3 แบบจับคู่ (Matching)

1.4 แบบเติมคำ (Completion)

2. แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง คำถามแบบอัตนัยหรือแบบความเรียงเป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบเขียนตอบเป็นความเรียงหรือในลักษณะบรรยายความ ผู้ตอบสามารถสร้างคำตอบได้ด้วยตนเอง คำถามแบบอัตนัยเหมาะสำหรับการวัดความรู้ในขั้นที่สูงกว่าความจำและความเข้าใจ คำถามแบบอัตนัยแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ คำถามแบบจำกัดคำตอบ คำถามแบบไม่จำกัดคำตอบ

สำหรับแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณ นิยมที่จะใช้คำถามแบบปรนัยมากกว่าแบบอัตนัย เพราะสามารถใช้เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย ชัดเจน ปราศจากอคติหรือความลำเอียง

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2564) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้และทักษะในเนื้อหาสาระที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วหลังจากที่มีการจัดการเรียนการสอนว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะ คือ ข้อสอบแบบถูก - ผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ ข้อสอบแบบอัตนัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ข้อสอบแบบถูก - ผิด เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อความหรือประโยคให้ผู้สอบเลือกว่าถูกหรือผิด จริงหรือไม่จริง ใช่หรือไม่ใช่ ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่ใช้ในการวัด ข้อเท็จจริงนิยาม

คำจำกัดความ หลักการต่างๆนอกจากนี้ยังใช้ในการวัดข้อความหรือประโยคที่แสดงความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผลเพื่อให้ผู้สอบพิจารณาถึงความสัมพันธ์ว่าจริงหรือไม่จริง

2. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 คอลัมน์ คอลัมน์หนึ่งจะประกอบด้วยข้อความ ตัวเลข หรือสัญลักษณ์เพื่อจับคู่กับอีกคอลัมน์หนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคำประโยคหรือวลี ข้อความในคอลัมน์หนึ่งจะเป็นคำถาม และข้อความในอีกคอลัมน์หนึ่งซึ่งจะเลือกมา ตอบเรียกว่า ตัวเลือกวิธีการจับคู่จะต้องอธิบายในคำชี้แจงให้ชัดเจนว่าจะให้จับคู่อย่างไรและตัวเลือกที่เลือกมาจับคู่กับคำถามนั้น เลือกได้ครั้งเดียวหรือเลือกได้มากกว่า 1 ครั้ง

3. ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่มีข้อคำถามให้ผู้เลือกตอบจากตัวเลือกหลาย ๆ ตัว การเลือกจะต้องพิจารณาถึงข้อความในแต่ละข้อว่า ตัวเลือกใดเป็นตัวเลือกที่ถูกที่สุดหรือดีที่สุด ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นคำถามจะอยู่ในรูปข้อความที่ไม่สมบูรณ์หรือข้อความที่เป็นคำถาม และส่วนที่เป็นตัวเลือกจะมีตัวเลือกที่ถูกที่สุดหรือดีที่สุด และตัวเลือกอื่น ๆ จะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือที่เรียกว่าตัวลวง

4. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเขียนคำสำคัญ วลี หรือตัวเลขลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ในประโยค และประโยคที่ให้เติมข้อความไม่ควรเว้นให้เติมคำตอบหลายแห่ง ข้อความที่เว้นไว้ให้เติมควรอยู่ท้ายประโยค

5. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เป็นข้อสอบที่ผู้สอบจะต้องหาคำตอบมาตอบเอง และคำตอบที่กำหนดให้ตอบจะต้องสั้นและเฉพาะเจาะจง การเขียนคำถามไม่ควรคัดลอกข้อความจากในหนังสือจะทำให้ผู้สอบที่ตอบได้เป็นเพราะจำในหนังสือมาตอบ เพราะฉะนั้นในการเขียนข้อคำถาม ควรเขียนคำถามใหม่เพื่อให้ผู้ตอบใช้ความเข้าใจในการตอบ

6. ข้อสอบแบบอัตนัย หรือ ข้อสอบแบบความเรียง เป็นข้อสอบที่ให้ผู้ตอบเขียนคำตอบเองจากคำถามที่ถาม ข้อสอบแบบนี้ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่ไม่สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบ แบบปรนัยได้ เช่น วัดความสามารถในการอธิบาย การวิเคราะห์ เปรียบเทียบในสิ่งที่เหมือนและแตกต่างกัน

สรุปได้ว่า เครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้และทักษะในเนื้อหาสาระว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร หลังจากที่เรียนไปแล้ว แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะ มีหลายรูปแบบ ได้แก่ แบบปรนัยและแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง แบบถูก - ผิด แบบจับคู่ แบบเลือกตอบ แบบเติมคำ แบบตอบสั้น ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ และการนำไปใช้ตามความเหมาะสม ในการวิจัยเชิงปริมาณ นิยมที่จะใช้คำถามแบบปรนัยมากกว่าแบบอัตนัย เพราะสามารถใช้เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย ชัดเจน ปราศจากอคติหรือความลำเอียง

2.4 การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) กล่าวว่า การสร้างเครื่องมือวิจัยโดยทั่วไปอาจแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้แก่ ขั้นตอนการวางแผนการสร้างเครื่องมือวิจัย ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย และขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย เพื่อความเข้าใจชัดเจน สรุปการสร้างเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องมือวิจัย ว่าต้องการสร้างเครื่องมือวิจัยครั้งนั้น ๆ ด้วยวัตถุประสงค์ใด จะช่วยทำให้สามารถกำหนดข้อมูลที่ต้องการหรือสิ่งที่ต้องการวัดและลักษณะของเครื่องมือวิจัย รวมถึงสามารถกำหนดรูปแบบของข้อคำถามได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมด้วย

2. การกำหนดสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการวัดว่ามีขอบเขตของเนื้อหาสาระ หรือมีโครงสร้างของเนื้อหาสาระที่ต้องการวัดอย่างไร การศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีและงานการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย จะช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดประเด็นย่อยของตัวแปรการวิจัยทั้งก่อน ระหว่างและ/หรือหลังการดำเนินการทดลอง และมีตัวแปรอื่น ๆ อะไรบ้างที่ต้องรวบรวมเพิ่มเติม

3. การกำหนดกรอบตัวแปรและนิยามตัวแปรหรือสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการจัดระเบียบหมวดหมู่ของตัวแปรการวิจัยแต่ละตัวที่มีประเด็นย่อย และมิติที่ต้องการศึกษาหรือรวบรวมข้อมูล หรือเป็นการจัดทำแผนผังการสร้างเครื่องมือวิจัย ช่วยในการเขียนคำถามและคำตอบได้ชัดเจน ส่วนการนิยามตัวแปรหรือสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการให้ความหมายและขอบเขตของตัวแปรหรือสิ่งที่ต้องการวัดว่า คืออะไร โดยจะต้องเป็นการนิยามเชิงปฏิบัติการ มีความชัดเจน เป็นรูปธรรม เพื่อจะได้สร้างเครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด

4. การเลือกประเภทเครื่องมือวิจัย เช่น แบบสอบถาม แบบทดสอบแบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต เป็นต้น อาจเป็นเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาใหม่ หรือเครื่องมือวิจัยที่มีผู้สร้างหรือพัฒนาไว้แล้ว ซึ่งเครื่องมือวิจัยแต่ละประเภทต่างมีลักษณะเด่น ข้อดี ข้อจำกัด และเทคนิคการใช้เก็บรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกันไป ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องเลือกใช้เครื่องมือวิจัยให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลหรือสิ่งที่ต้องการเก็บรวบรวม

5. การจัดทำเครื่องมือวิจัยฉบับร่าง โดยดำเนินการเขียนข้อคำถามฉบับร่างตามกรอบตัวแปรของเครื่องมือที่กำหนด จัดเรียงข้อคำถาม กำหนดวิธีการ ตรวจให้คะแนนและการสรุปผลการตอบ และจัดทำคำชี้แจงในการตอบข้อคำถามหรือข้อสอบ แล้วพิจารณา ทบทวนเครื่องมือวิจัยที่ร่างขึ้นว่าสอดคล้องและสามารถวัดได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการเก็บข้อมูลหรือไม่ หากยังมีข้อบกพร่องที่ส่วนใด จะต้องปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปตรวจสอบคุณภาพต่อไป ซึ่งรายละเอียดของการจัดทำร่างเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณแต่ละประเภท

6. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติด้านความตรง (Validity) และความเที่ยงหรือความเชื่อถือได้ (Reliability) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวนประมาณ 5 คน หรืออย่างน้อย 3 คน ส่วนการตรวจสอบคุณสมบัติด้านความเที่ยง

ดำเนินการตรวจสอบด้วยการนำเครื่องมือวิจัยที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มประชากรที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจริง รวมถึงการตรวจสอบอำนาจจำแนก (Discrimination) และความยาก (Difficulty)

7. การปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัย การปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัยเป็นขั้นตอนของการนำข้อมูลที่ได้จากผลการตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือวิจัยในขั้นตอนที่ 6 มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพเครื่องมือวิจัยจนกระทั่งได้เครื่องมือวิจัยที่มีคุณภาพตามคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่ดี

8. การจัดทำเครื่องมือวิจัยฉบับสมบูรณ์ เมื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัยแล้วจะต้องต้องดำเนินจัดพิมพ์เครื่องมือวิจัยฉบับสมบูรณ์และจัดทำคู่มือการใช้เครื่องมือวิจัย เพื่อช่วยให้การปฏิบัติงานการเก็บรวบรวมข้อมูลมีความถูกต้องและเป็นมาตรฐานเดียวกัน ลดความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงานภาคสนามในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีน้อยที่สุด

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2564) ได้ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณลักษณะที่ต้องการวัด เป็นการพิจารณาสิ่งที่ต้องการวัดจากวัตถุประสงค์ว่าตัวแปรที่ต้องการวัด คืออะไร

2. กำหนดความหมายหรือนิยามคุณลักษณะ เป็นการให้นิยามตัวแปรที่ต้องการวัดว่าคืออะไร วัดได้จากอะไรบ้าง เช่น เช่น ตัวแปรความสามารถด้านการคิด ด้านอารมณ์ หรือด้านการปฏิบัติ

3. เลือกวิธีการและชนิดของเครื่องมือ เลือกวิธีการและชนิดของเครื่องมือที่เหมาะสม ต่อคุณลักาณะที่ต้องการวัด เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เครื่องมือที่เหมาะสม คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น

4. สร้างเครื่องมือ เขียนข้อคำถาม ต้องสร้างเครื่องมือ หรือเขียนข้อคำถามให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด

5. พิจารณาทบทวนข้อคำถาม หลังจากเขียนข้อคำถามแล้ว ต้องทบทวนว่าข้อคำถามสื่อความหมายและครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่

6. จัดทำต้นฉบับของแบบทดสอบ คือ จัดพิมพ์ เลือกขนาดตัวอักษร และใช้ภาษาให้เหมาะสม

7. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย มี 2 รูปแบบ คือ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยก่อนนำไปใช้ เช่น พิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะหรือตัวแปรที่ต้องการวัด และการตรวจคุณภาพเครื่องมือโดยนำไปทดลองใช้นำมาแปลผลเป็นคะแนนแล้วไปหาคุณภาพของเครื่องมือต่อไป

8. จัดทำคู่มือการใช้เครื่องมือวิจัย หลังจากตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยแล้วต้องจัดทำคู่มือการใช้ ประกอบด้วย จุดมุ่งหมาย วิธีการใช้เครื่องมือ และเกณฑ์การตรวจใช้คะแนน

สรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย มีขั้นตอนย่อย 8 ขั้นตอน ประกอบด้วยการกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องมือวิจัย การกำหนดสิ่งที่ต้องการวัด การกำหนดกรอบตัวแปรและนิยามตัวแปรหรือสิ่งที่ต้องการวัด การเลือกประเภทเครื่องมือวิจัย การจัดทำเครื่องมือวิจัยฉบับร่าง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย การปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัย และการจัดพิมพ์เครื่องมือวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมคู่มือการใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องมือวิจัย กำหนดสิ่งที่ต้องการวัด กำหนดกรอบตัวแปร และนิยามตัวแปรไปแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกประเภทเครื่องมือวิจัย และสร้างเครื่องมือฉบับร่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และนำไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยทั้งโดยผู้เชียวชาญและการนำไปทดลองใช้ ประกอบด้วย ความตรง ความเชื่อมั่น ความยากง่าย อำนาจจำแนก และทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัย และจัดพิมพ์เครื่องมือวิจัยฉบับสมบูรณ์พร้อมคู่มือการใช้เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.5 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) กล่าวถึง การตรวจคุณภาพของเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณหมายรวมได้ถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้

1. เครื่องมือวิจัยที่ดีควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความเป็นปรนัย ความยาก มีอำนาจจำแนก และความสามารถในการนำไปใช้

2. ความตรงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ความตรงมี 3 ประเภท ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ การตรวจสอบความตรงมีหลายวิธีตามประเภทของความตรง แต่โดยทั่วไปจะเป็นการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา

3. ความเที่ยงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่แสดงว่า เครื่องมือวิจัยนั้นให้ผลการวัดที่คงเส้นคงวาหรือคงที่ การตรวจสอบความเที่ยงสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่ วิธีการวัดซ้ำ วิธีการใช้เครื่องมือวัดที่มีลักษณะเทียบเท่าหรือคู่ขนานกัน และวิธีหาความสอดคล้องภายใน

4. ความยากเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่แสดงว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีผู้ตอบได้ถูกมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามที่ไม่มีผู้ตอบได้ถูกเลยหรือถูกน้อยมากจะแสดงว่า มีความยาก การตรวจสอบความยากในกรณีข้อคำถามเป็นปรนัยใช้วิธีวิเคราะห์อย่างง่ายและ วิธีวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค 25 เปอร์เซ็นต์

5. อำนาจจำแนกเป็นความสามารถของเครื่องมือวิจัยในการจำแนกผู้ที่มีลักษณะที่ต้องการ กับผู้ที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการ การตรวจสอบอำนาจจำแนกทำได้สองวิธีคือ การใช้เทคนิค 25 เปอร์เซ็นต์ และการหาความคงที่ภายในของข้อความด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2564) ได้อธิบายถึง วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถหาดัชนีหรือตัวบ่งชี้มายืนยันระดับคุณภาพได้ ได้แก่ ความตรง ความเชื่อมั่น ความยากและอำนาจจำแนก ดังนี้

1. ความตรง (Validity: Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) เชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดความสอดคล้อง ของข้อคำถามกับเนื้อหา ครอบคลุมถึงความรู้ ทักษะและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้อง และสามารถนำมาวิเคราะห์ความตรงได้ โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ΣR แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ค่า IOC มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อคำถามวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สามารถนำข้อสอบไปใช้ได้

2. ความยาก (Difficulty: p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการแสดงสัดส่วนของผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก ค่าความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 - 1.00 ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้จะต้องมีค่าความยากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกเท่ากับ 0.20 - 0.80 โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ

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

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนผู้สอบที่เลือกคำตอบถูก

T แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

3. อำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ - 1.00 ถึง 1.00 ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้จะต้องมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ

$$r = \frac{H - L}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด

4. ความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดความคงเส้นคงวาหรือคงที่ของข้อสอบทั้งชุด โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะเป็นวิธีการหาความสอดคล้องภายใน เกณฑ์ความเที่ยงของเครื่องมือต้องสูงกว่า 0.70 จึงจะถือว่าเป็นเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงและเชื่อถือได้ การหาความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

k แทน จำนวนข้อคำถาม

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในเครื่องมือวิจัย

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามถูก

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามผิด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 - p

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

Torrance (1962) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถส่วนบุคคลในการรับรู้ปัญหา สามารถคิดสร้างสรรค์ผลงาน แสดงแนวคิดหรือวิธีแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ แตกต่างจากรูปแบบเดิม ที่คนไม่รู้จัก ทดสอบและปรับปรุงแนวคิดเหล่านั้นเพื่อหาทางแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

Guilford (1967) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการคิดที่มีลักษณะเฉพาะบุคคล เป็นการคิดอย่างหลากหลาย คิดหลายทิศาง คิดหลายแง่มุม คิดกว้าง นำไปสู่การสร้างสรรค์แนวคิดหรือวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ การสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่ แตกต่างและมีประสิทธิภาพ

สสวท. (2556) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นการคิดระดับสูง (higher - order thinking) เป็นความสามารถในการคิดที่มีการสร้างหรือขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่ที่แตกต่างจากเดิม เพื่อปรับปรุงพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและเป็น

ประโยชน์ต่อตนเอง และสังคม ทักษะการคิดนี้ต้องอาศัยความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และใช้วิธีการแก้ปัญหาในทาง สร้างสรรค์

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถของบุคคลในการคิดที่มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องหลายด้าน คือ การคิดคล่อง ความคิดอเนกนัยหรือคิดยืดหยุ่น คิดได้หลายแง่หลายมุม คิดละเอียดลออ และการคิดในด้านบวก ด้วยผลผลิตจากการคิดสร้างสรรค์นี้จึงเป็นสิ่งใหม่ที่ให้ประโยชน์สำหรับบุคคลหรือส่วนรวม

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดเชิงบวกที่มีความเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา การคิดหลายแง่มุม คิดนอกกรอบอย่างที่ไม่เคยคิดมาก่อน โดยมีการเชื่อมโยงความคิดหรือความสัมพันธ์ระหว่างความคิดตั้งแต่สองสิ่งเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างสิ่งใหม่ที่อาจเป็นสิ่งประดิษฐ์ ทฤษฎี หลักการ อันเป็นสิ่งที่มีคุณค่า นำไปใช้ประโยชน์ได้

กมล โพธิเย็น (2562) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค (Creative thinking) เป็นความสามารถทางสมองของคนเราในการมองเห็นสิ่งที่ต่างไปจากเดิม เป็นการคิดหลายมุมมอง หลายทิศทางที่กว้างและลึกลงไป ความคิดสร้างสรรคนั้นจะมีลักษณะที่สำคัญ คือ เป็นการเชื่อมโยงจากสิ่งที่กำลังคิดไปสู่สิ่งอื่น โดยเป็นการมองเห็นทางเลือกหลายทางอย่างรอบด้าน และยังเป็นความคิดที่ต่างไปจากเดิมที่ตื่นตาตื่นใจ ในขณะเดียวกันความคิดสร้างสรรคจะสงผลให้เกิดการคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ที่เป็นประโยชน และจะได้สิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม ตลอดจนได้วิธีการแกปญหาที่กำลังเผชิญอยู่เป็นผลลัพธ์สำคัญ

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และมนัส บุญประกอบ (2564) ให้ความหมายของการคิดสร้างสรรค์ คือ การใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ความคิดที่เปิดกว้าง เช่น การระดมสมอง การสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่และเสริมสร้างคุณค่าทางความคิดและสติปัญญา การมีความละเอียดรอบคอบต่อการคิดวิเคราะห์และประเมินแนวความคิดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์

OECD (2022) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการมีส่วนร่วมอย่างมีประสิทธิภาพในการสร้าง ประเมิน และปรับปรุงแนวคิด ซึ่งทำให้เกิดความคิดในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ และมีประสิทธิภาพ มีการพัฒนาองค์ความรู้ และเป็นการแสดงออกถึงจินตนาการที่เกิดประโยชน์

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการสร้างแนวคิด วิธีแก้ปัญหา หรือผลงานที่แปลกใหม่ มีความเป็นเอกลักษณ์ และมีคุณค่า มีความหลากหลาย นอกกรอบของความคิดแบบเดิม ๆ ซึ่งสามารถนำไปสู่การคิดค้นและการพัฒนานวัตกรรมและการปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ ให้ดีขึ้น

3.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Hu & Adey (2002) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการประยุกต์ใช้การคิดวิเคราะห์แยกแยะและทักษะการแก้ปัญหาในบริบททางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมถึงการสร้างแนวคิดใหม่ การตั้งสมมติฐาน และการสำรวจวิธีการทางเลือกในการทดลอง

ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์นี้เกี่ยวข้องกับจินตนาการ การวิเคราะห์เชิงโต้แย้ง และความยืดหยุ่นในการปรับใช้ความรู้เชิงสร้างสรรค์ในสาขาวิทยาศาสตร์

Kind & Kind (2007) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ การใช้ทั้งการคิดสร้างสรรค์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือคำถามที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคิดริเริ่ม การคิดยืดหยุ่น และความสามารถในการสร้างและทดสอบสมมติฐานในลักษณะที่เป็นระบบ

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตที่ได้ต้องแสดงออกถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนา ความมีประโยชน์ และความมีคุณค่า

OECD (2022) ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ในเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการสร้างสรรค์และประยุกต์ใช้แนวคิดใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา การพัฒนาความรู้ และการสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้น ซึ่งรวมถึงการสามารถคิดอย่างยืดหยุ่น เปิดรับความคิดใหม่ ๆ และสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นนวัตกรรม การวัดผลจะเน้นไปที่การคิดสร้างสรรค์ในการตั้งคำถาม การออกแบบการทดลอง การตีความข้อมูล และการเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่ไม่ซ้ำใครและมีประสิทธิภาพในบริบททางวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ การแก้ปัญหาที่มีความเป็นเอกลักษณ์และมีคุณค่าในบริบทของวิทยาศาสตร์ โดยการคิดอย่างยืดหยุ่นและสร้างสรรค์ รวมถึงการตั้งคำถามที่ไม่เคยมีมาก่อน การออกแบบการทดลองที่แปลกใหม่ การตีความข้อมูลในมุมมองที่แตกต่าง และการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมและการค้นพบใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ บทบาทสำคัญในการผลักดันให้เกิดความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.3 องค์ประกอบและลักษณะของความคิดสร้างสรรค์

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ได้กำหนดองค์ประกอบสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ 4 องค์ประกอบ

1. การคิดคล่อง (Fluency) เป็นความสามารถในการคิดได้ อย่างรวดเร็วและได้จำนวนความคิดมาก ซึ่งความสามารถ ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของการคิดแบบนี้ มักจะสัมพันธ์กัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการคิดหลากหลายลักษณะหลายประเภท หลายแง่มุม ไม่ถูกจำกัดความคิด ช่วยให้ได้ความคิดที่แปลกใหม่

3. ความคิดริเริ่ม (Originallity) เป็นความสามารถในการคิดได้แปลกใหม่ แตกต่างไม่ซ้ำใคร

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความสามารถในการเพิ่มเติมขยายความคิดลงรายละเอียด ส่งเสริมการนำไปสู่การปฏิบัติ

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559) ได้อธิบายเกี่ยวกับ องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์ สรุปได้ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง ความสามารถในการคิดให้ได้ปริมาณคำตอบความคิดที่ไปซ้ำกันเรื่องเดียวกัน แบ่งออกเป็น ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ ความคิดคล่องแคล่ว ทางด้านการโยงสัมพันธ์ ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก และความคิดคล่องแคล่วในการคิดสิ่งที่ต้องการให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด แบ่งเป็น 2 แบบความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถที่จะพยายามคิด ให้ได้หลายประเภทอย่างอิสระ และความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง เป็นวิธีคิดในการแก้ปัญหา คนที่มีความคิดหยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำคำตอบ ซึ่งเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องแคล่ว แตกต่างออกไป

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดา หรือแตกต่างไปจากคนอื่น เป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกที่มีความแปลกจากความคิดเดิม ไม่มีใครนึกถึงมาก่อน คนที่จะคิดริเริ่มได้ต้องมีลักษณะกล้าคิด กล้าลองและมีจินตนาการ

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดของสิ่งที่จำเป็นต้องมีในผลงาน เพื่อทำให้ความคิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ความคิดสร้างสรรค์ แปลกใหม่และมีความสำเร็จอย่างสร้างสรรค์

OECD (2022) ได้ระบุองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ตามแนวของ PISA 2022 ไว้ 3 องค์ประกอบตามจุดประสงค์ของการวัดผล ดังนี้

1. การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย เป็นความสามารถในการคิดอย่างยืดหยุ่นโดยการสร้างแนวคิดที่แตกต่างหลากหลาย ได้อย่างเหมาะสม

2. การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ เป็นความสามารถในการสร้างแนวคิดที่เหมาะสมและเป็นต้นแบบ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์และการใช้งานที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนใคร มีความโดดเด่นเฉพาะตัว

3. การประเมินและปรับปรุงแนวคิด เป็นความสามารถในการประเมินข้อจำกัดในแนวคิดเดิม และสามารถพัฒนาหรือปรับปรุงแนวคิดเดิมได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบเดิม จะมี 4 องค์ประกอบ คิดคล่องแคล่ว คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม และ คิดละเอียดลออและรูปแบบของ PISA 2022 มี 3 องค์ประกอบ คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด ผู้วิจัยมองว่าองค์ประกอบทั้ง 2 รูปแบบยังคงมีความสัมพันธ์กันแต่มีการปรับให้ทันสมัยและสอดคล้องกับโลกปัจจุบันมากขึ้น ผู้วิจัยสามารถเทียบเคียงตามบริบทของการให้ความหมายของนักวิชาการข้างต้น ได้ตามตาราง

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความสอดคล้องของความคิดสร้างสรรค์ตามความหมายและบริบท

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2022	ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แบบเดิม
การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	คิดคล่องแคล่ว คิดยืดหยุ่น
การสร้างแนวคิดแปลกใหม่	คิดริเริ่ม
การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	คิดละเอียดลออ

3.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ได้กล่าวถึง การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของบุคคล ผู้สร้างเครื่องมือจะต้อง มีความรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดสร้างสรรค์ เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิด เมื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์แล้ว จะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือ องค์ประกอบเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์นั้น

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณภาพของสมองที่มีลักษณะเป็นนามธรรมแฝงอยู่ภายในตัวบุคคล สามารถทำการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ได้ โดยใช้การใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ แบบวัดสติปัญญานั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาดังนั้นจึงมีคำตอบที่ถูกหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลกไม่ซ้ำแบบใครและมีคุณค่าให้ได้หลาย ๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลาย ๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก นอกจากนี้เกณฑ์การให้คะแนนก็ค่อนข้างยากเช่นกัน

OECD (2022) ได้กำหนดให้ประเมินความคิดสร้างสรรค์ตามจุดประสงค์ของการวัดผล 3 ด้านขององค์ประกอบ คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด โดยการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของ PISA 2022 กำหนดรูปแบบการแสดงแนวคิดไว้ 4 รูปแบบ ได้แก่

1. การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย
2. การแสดงแนวคิดด้วยภาพ
3. การแก้ปัญหาด้านสังคม
4. การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์

มีเน้นวัดเนื้อหากว้าง ๆ ใน 2 ด้าน คือ การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างสรรค์องค์ความรู้และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

1. การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง เหตุการณ์ที่ต้องใช้การคิดอย่างสร้างสรรค์ในการสื่อสารจากโลกภายในของคนคนหนึ่งไปถึงบุคคลอื่น โดยเนื้อหานี้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย และ การแสดงแนวคิดด้วยภาพ ซึ่งการทำงานอย่างสร้างสรรค์ในด้านเหล่านี้มีลักษณะเป็นการใส่ใจและการตอบสนองที่แปลกใหม่ มีความเป็นศิลปะ สื่อถึงจินตนาการ และแสดงออกถึงอารมณ์

2. การสร้างสรรค์องค์ความรู้และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นการใช้การคิดอย่างสร้างสรรค์ที่เชื่อมโยงกับการสำรวจปัญหาหรือคำถามปลายเปิด (ที่ไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว) โดยเนื้อหานี้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาด้านสังคมในด้านเหล่านี้การทำงานอย่างสร้างสรรค์เป็นเครื่องมือนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น และมีลักษณะเป็นการสร้างแนวทางแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ เป็นนวัตกรรม ใช้ได้ผลและมีประสิทธิภาพ

แสดงตามโมเดลสมรรถนะความคิดสร้างสรรค์ของ PISA 2022 ดังภาพ

ภาพที่ 2.1 โมเดลสมรรถนะความคิดสร้างสรรค์

หมายเหตุ. จาก “การประเมินความคิดสร้างสรรค์ใน PISA 2022” โดย OECD, 2022,
(https://www.facebook.com/ipst.thai) ลิขสิทธิ์ 2565 โดย IPST Thailand

สรุปได้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดด้านการคิดขั้นสูง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและลึกซึ้งเกี่ยวกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เครื่องมือวัดต้องส่งเสริมการดึงความสามารถในการหาคำตอบที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำ การวัดผลเช่นนี้จะช่วยให้ครูและนักการศึกษาเข้าใจความสามารถและศักยภาพของนักเรียนในการนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในบริบทของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นด้วย ซึ่งในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามรูปแบบของ PISA 2022ประกอบด้วยการวัด 3 องค์ประกอบ คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด และกำหนดบริบทของคำถามปลายเปิด 4 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย การแสดงแนวคิดด้วยภาพ การแก้ปัญหาด้านสังคม และการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์

3.5 การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ได้ลำดับขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างแบบทดสอบความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์ ไว้ 7 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ ซึ่งจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบทดสอบไปใช้ว่าต้องการใช้วัดความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์แบบทั่ว ๆ ไป หรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์เฉพาะรายวิชา เช่น การคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2. กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดสร้างสรรค์ โดยการศึกษาเอกสารแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์ ตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

3. สร้างผังข้อสอบ เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบว่าต้องการให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้าง และกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยกำหนดเป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) เพื่อให้การให้คะแนนทำได้ชัดเจนและมีความหมายมากขึ้น

5. เขียนข้อสอบกำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน จากนั้นลงมือร่างข้อสอบตามผังที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้เขียนเอง และผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้าง ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา

6. นำแบบทดสอบไปทดลองตรวจสอบคุณภาพโดยตรวจคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและทั้งฉบับ

7. นำแบบทดสอบไปใช้จริง

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) กล่าวว่า ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบมีขั้นตอนและกระบวนการคล้ายกับการสร้างเครื่องมือวิจัยเพื่อการเก็บรวบรวม ข้อมูลประเภทอื่น ๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบทดสอบ กำหนดให้ชัดเจนว่าต้องการแบบทดสอบเพื่อวัตถุประสงค์ใด การทราบวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบทดสอบจะช่วยให้สามารถกำหนดลักษณะของแบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่าง ข้อคำถามที่ใช้ควรถามเฉพาะเนื้อหาสาระและทักษะขั้นพื้นฐานเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ไม่ควรถามยากเกินไป

2. การกำหนดสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการวิเคราะห์ว่า สิ่งที่ต้องการวัดมีขอบเขตของเนื้อหาสาระมากน้อยเพียงใด หรือมีโครงสร้างของเนื้อหาสาระที่ต้องการวัดอย่างไรจะต้องกำหนดประเด็น หลักของเนื้อหาที่ต้องการวัดว่า มีอะไรบ้าง ซึ่งผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาสาระของสิ่งที่ต้องการวัดว่า มีอะไรบ้าง ซึ่งผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาสาระของสิ่งที่ ต้องการวัดอย่างถ่องแท้ ต้องแยกแยะหรือแจกแจงประเด็นหลักแต่ละประเด็นออกเป็นประเด็นย่อยให้ถูกต้องและครบถ้วน เพื่อจัดทำข้อคำถามที่จะใช้ในแบบทดสอบได้อย่างเหมาะสม นอกจากนั้นผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องศึกษาจุดประสงค์ของการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ต้องการวัดว่าเป็นระดับใด เช่น ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า เป็นต้น เพื่อจะได้นำมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

3. การจัดทำแบบทดสอบฉบับร่าง เป็นการเขียนข้อคำถามหรือข้อสอบตามประเด็นหลักและ ประเด็นย่อยที่กำหนดไว้ในขั้นตอนกำหนดสิ่งที่ต้องการวัด โดยจะต้องเลือกรูปแบบของข้อคำถามหรือข้อสอบ ที่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระที่ต้องการวัดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบครั้งนั้น ๆ ผู้สร้างแบบ ทดสอบจะต้องจัดทำคำชี้แจงในการตอบ จัดเรียงลำดับข้อคำถามหรือข้อสอบ กำหนดเวลาในการตอบแบบ ทดสอบ กำหนดวิธีการตรวจให้คะแนน และการแปลผลคะแนนเพื่อสรุปผลการตอบ

4. การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ ความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบเป็นการตรวจสอบ

5. การปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ หลังจากได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบแล้ว ผู้สร้างแบบทดสอบจะต้องปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามผลการวิเคราะห์การตรวจสอบแต่ละด้านจนได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

6. การจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ เมื่อได้ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบจนได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว จะต้องจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์และทำสำเนาเพื่อเตรียมนำไป ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป นอกจากการจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์แล้ว ควรจัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบให้ชัดเจน (ถ้ามี) ซึ่งประกอบด้วยการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ

ลักษณะของแบบ ทดสอบโครงสร้างของแบบทดสอบ ขั้นตอนและวิธีการใช้แบบทดสอบ และเกณฑ์การให้คะแนนและการแปลผล

สรุปได้ว่า การสร้างหรือพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความรู้ความเข้าที่ใจลึกซึ้งในแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดสร้างสรรค์ เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิด ต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบเพื่อสร้างตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างเช่นเดียวกับการสร้างแบบทดสอบทั่วไป เพียงเป็นการปรับลักษณะข้อคำถามให้สอดคล้องกับ ประเด็นหรือองค์ประกอบการวัดเป็นการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ในการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ใช้องค์ประกอบและรูปแบบการแสดงแนวคิดของ PISA 2022 และลำดับขั้นตอนการสร้างโดยใช้รูปแบบการสร้างผสมผสานของข้อสอบอัตนัยกับการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจะออกแบบและสร้างในการวิจัยนี้ ผ่านขั้นตอนการสร้างแบ่งเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวัด กำหนดให้ชัดเจนว่า ต้องการวัดความสามารถในการคิดความคิดสร้างสรรค์องค์ประกอบใด หรือวัดทั้ง 3 องค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยมีการวัดทั้ง 3 องค์ประกอบนั่นคือ การแสดงแนวคิดที่หลากหลาย การแสดงแนวคิดที่แปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด ในบริบททางวิทยาศาสตร์ และจะต้องกำหนดขอบเขตของเนื้อหาเพื่อให้สอดคล้องกับความองค์ความรู้ที่เรียน เช่น ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เนื้อหาในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ก็ควรเกี่ยวข้องกับเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ เป็นต้น

2. วิเคราะห์และกำหนดสิ่งที่ต้องการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้สร้างต้องศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การคิดแบบ Divergent Thinking การตั้งสมมติฐานใหม่ การออกแบบการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางกำหนดองค์ประกอบที่ต้องการวัด ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดโครงสร้างการวัด3 องค์ประกอบ คือ การแสดงแนวคิดที่หลากหลาย การแสดงแนวคิดที่แปลกใหม่ ด้วยรูปแบบการแสดงแนวคิด 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย การแสดงแนวคิดด้วยภาพการแก้ปัญหาด้านสังคม และการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์

3. สร้างผังข้อสอบ โดยนำองค์ประกอบที่ต้องการวัดตามโครงสร้างที่กำหนดไว้มาให้น้ำหนักความสำคัญและกำหนดเป็นจำนวนข้อสอบในแต่ละประเด็น ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้สร้างผังข้อสอบด้วยรูปแบบการแสดงแนวคิดเป็นข้อใหญ่ และมีข้อย่อยประเมินตามองค์ประกอบ ข้อละ 3 ด้าน รวมข้อสอบทั้งหมด 12 ข้อย่อย ดังตาราง

ตารางที่ 2.3 แผนผังโครงสร้างข้อสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการแสดงแนวคิด	องค์ประกอบ			จำนวนข้อ
	การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	
1. การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย	1	1	1	**3**
2. การแสดงแนวคิดด้วยภาพ	1	1	1	**3**
3. การแก้ปัญหาด้านสังคม	1	1	1	**3**
4. การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์	1	1	1	**3**
รวม	**4**	**4**	**4**	**12**

4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยกำหนดเป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) การให้คะแนนตามองค์ประกอบที่ทำการประเมิน การกำหนดคะแนนขึ้นอยู่กับผู้สร้างและความเหมาะสมของการประเมินนั้น ผู้วิจัยคำนึงถึงการนำไปวิเคราะห์ผลตามความเป็นจริงและไม่ยุ่งยากต่อการทำ Rubric จึงได้ระดับคะแนน 0 – 3 และเขียนเกณฑ์การประเมินให้สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ทำการประเมิน

5. การจัดทำข้อสอบฉบับร่าง เป็นเขียนข้อสอบโดยกำหนดรูปแบบของการเขียนตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน จากนั้นลงมือร่างข้อสอบตามผังที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้เขียนเอง และผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญ ในการสร้างข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา และผู้วิจัยได้ทำคำชี้แจงในการตอบ จัดเรียงลำดับข้อคำถามหรือข้อสอบ กำหนดเวลาในการตอบข้อสอบ กำหนดวิธีการตรวจให้คะแนน และการแปลผลคะแนนเพื่อสรุปผลการตอบ

6. ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองตรวจสอบคุณภาพโดยตรวจคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก

7. การปรับปรุงแก้ไขข้อสอบ หลังจากได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบแล้ว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามผลการวิเคราะห์การตรวจสอบแต่ละด้านจนได้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

8. การจัดพิมพ์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้จริง โดยผู้วิจัยได้สร้างเป็นคำชี้แจงหน้าชุดข้อสอบ แทนคู่มือการใช้เพื่อให้ผู้สอบเข้าใจ วัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ ลักษณะของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบ ขั้นตอนวิธีทดสอบ และเกณฑ์การให้คะแนน

3.6 การหาคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) กล่าวถึง การตรวจคุณภาพของเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณ หมายรวมได้ถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้

1. เครื่องมือวิจัยที่ดีควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความเป็นปรนัย ความยาก มีอำนาจจำแนก และความสามารถในการนำไปใช้

2. ความตรงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ความตรงมี 3 ประเภท ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ การตรวจสอบความตรงมีหลายวิธีตามประเภทของความตรง แต่โดยทั่วไปจะเป็นการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา

3. ความเที่ยงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่แสดงว่า เครื่องมือวิจัยนั้นให้ผลการวัดที่ คงเส้นคงวาหรือคงที่ การตรวจสอบความเที่ยงสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่ วิธีการวัดซ้ำ วิธีการใช้เครื่องมือวัดที่มีลักษณะเทียบเท่าหรือคู่ขนานกัน และวิธีหาความสอดคล้องภายใน

4. ความยากเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือวิจัยที่แสดงว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีผู้ตอบได้ถูกมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามที่ไม่มีผู้ตอบได้ถูกเลยหรือถูกน้อยมากจะแสดงว่า มีความยาก การตรวจสอบความยากในกรณีข้อคำถามเป็นปรนัยใช้วิธีวิเคราะห์อย่างง่ายและ วิธีวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค 25 เปอร์เซ็นต์

5. อำนาจจำแนกเป็นความสามารถของเครื่องมือวิจัยในการจำแนกผู้ที่มีลักษณะที่ต้องการกับผู้ที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการ การตรวจสอบอำนาจจำแนกทำได้สองวิธี คือ การใช้เทคนิค 25 เปอร์เซ็นต์ และการหาความคงที่ภายในของข้อความด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2564) ได้อธิบายถึง วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบอัตนัยซึ่งบ่งชี้รวมถึงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถหาดัชนีหรือตัวบ่งชี้มายืนยันระดับคุณภาพได้ ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความยากและอำนาจจำแนก ดังนี้

1. ความตรง (Validity: Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) เชิงเนื้อหาของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบที่ต้องการวัด ครอบคลุมถึงความรู้ ทักษะและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้อง และสามารถนำมาวิเคราะห์ความตรงได้ โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ΣR แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ค่า IOC มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อคำถามวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สามารถนำข้อสอบไปใช้ได้

2. ความยาก (Difficulty: p) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อสอบอัตนัย) โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส ค่าความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 - 1.00 ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้จะต้องมีค่าความยากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกเท่ากับ 0.20 - 0.80 โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ

$$P = \frac{\Sigma H - \Sigma L - (2N\ Score_{min})}{2N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

ΣH แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 25%

ΣL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 25%

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

3. อำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อสอบอัตนัย) โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส

$$r = \frac{\Sigma H - \Sigma L}{N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าความยาก

ΣH แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 25%

ΣL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 25%

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4. ความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อสอบอัตนัย) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา **(α)** ของครอนบาค

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ค่าเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

k แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามข้อที่ i

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยภายในประเทศ

อาทิตย ฉิมกุล (2559) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร โดยจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ในหน่วยการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ใช้เวลา 25 คาบเรียน ผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 75 และสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อยู่ในระดับดี

ลัดดาวัลย นางประโคน (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปที่ 2 เรื่องการสะท้อนแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 12 ชั่วโมง ผลวิจัยพบวา นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสามารถในการคิดสร้างสรรคหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในดานความริเริ่ม ความคิดคลองแคลว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ส่วนดานความคิดยืดหยุน และความคิดละเอียดลออ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และ

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่กำลังศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 48 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Sample Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

ณัฐชา พัฒนา (2561) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้กระบวนการตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในขั้นทำกิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยวัดจาก 4 องค์ประกอบ คือ คิดคล่อง คิดริเริ่ม คิดสร้างสรรค์ และคิดละเอียดลออ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 24 คน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม แต่มีพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ลดลงเรื่อย ๆ ในด้านความคิดละเอียดลออและความคิดคล่องแคล่ว โดยในขั้นวางแผนและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้เนื่องจากนักเรียนได้คิดและวาดภาพร่างได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม และสรุปถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในการพัฒนาความคิด

สร้างสรรค์ของผู้เรียนมีลักษณะดังนี้ ขั้นระบุปัญหา การเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวและหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ถึงปัญหาที่แท้จริง ขั้นจินตนาการวิธีการแก้ปัญหา ครูให้นักเรียนได้วางแผนก่อนที่จะค้นหาความรู้ที่เกี่ยวข้อง แล้วทำการสรุปโดยเขียนเป็นแผนผังความคิด ขั้นวางแผน ครูให้นักเรียนวาดภาพที่เคยเห็นมาก่อน เพื่อที่นักเรียนจะได้วาดภาพได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ และกำหนดรายละเอียด พร้อมอธิบายถึงวิธีการสร้างได้ ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบชิ้นงานที่สร้างกับภาพร่างเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง และขั้นทดสอบและปรับปรุง ครูเน้นย้ำเรื่องการจดบันทึกสิ่งที่นักเรียนได้ทำการแก้ไขระหว่างการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน เพื่อแสดงถึงการพัฒนาการของนักเรียนได้

จตุรภัทร มาศโสภา และคณะ (2565) ได้ศึกษาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเกษมพิทยา ที่มีปัญหาความสามารถความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จำนวน 12 คน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 10 คน ตามลำดับ เครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์จำนวน 6 แผน 12 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เหลือ จำนวน 2 คน

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Gonzalez & Kuenzi (2012) ได้ศึกษาการใช้หลักสูตรสะเต็มศึกษาโรงเรียนในสหรัฐอเมริกา ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทักษะการแก้ปัญหาเชิงโต้แย้ง และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากเอกสารและรายงานทางการศึกษา รวมถึงสถิติที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการมีส่วนร่วมของนักเรียนในหลักสูตรสะเต็มศึกษาระดับต่าง ๆ มีการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการศึกษาสะเต็มตั้งแต่ระดับนโยบายไปจนถึงการปฏิบัติในโรงเรียน สรุปผลการศึกษาได้ว่า หลักสูตรสะเต็มศึกษาส่งเสริมความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนได้ลึกซึ้งขึ้น โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงโต้แย้ง และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้นและส่งเสริมการพัฒนา

ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชา ทำให้นักเรียนสามารถคิดค้นวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะในบริบทที่ต้องใช้การทดลองและนวัตกรรมได้

Scott (2012) ได้ศึกษาเปรียบเทียบโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษาในสหรัฐอเมริกา โดยเลือกโรงเรียน 10 แห่งจากภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวัดความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ใช้แบบสอบถามและการสำรวจเพื่อวัดการรับรู้ของนักเรียน ครู และผู้บริหารเกี่ยวกับการดำเนินงานและผลกระทบของหลักสูตรสะเต็มศึกษาในโรงเรียน และใช้ข้อมูลสถิติการทดสอบระดับชาติมาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในโรงเรียนที่เน้นสะเต็มศึกษากับโรงเรียนทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เข้าเรียนในโรงเรียนที่เน้นการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สูงกว่าโรงเรียนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ มุ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการทดลอง การทำโครงงาน และการใช้ทักษะด้านวิศวกรรมในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมีความสนใจในอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มสูงกว่า นักเรียนในโรงเรียนทั่วไป

Sahin et al. (2014) ได้ศึกษาผลของการนำกิจกรรมสะเต็มมาจัดเป็นโปรแกรมกิจกรรมหลังเลิกเรียนในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา เพื่อทำความเข้าใจมุมมองและความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับสะเต็มและการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นการศึกษากรณีศึกษาเชิงคุณภาพ รวบรวมข้อมูลการศึกษาผ่านการสังเกต การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และบันทึกข้อมูลภาคสนาม โดยการจัดกิจกรรมสะเต็มหลังเลิกเรียนจะเน้นการสืบเสาะ ทางวิทยาศาสตร์แบบเปิดกว้างแบบร่วมมือกัน และจัดให้มีเวทีให้นักเรียนได้แสดงการใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 ในรูปแบบต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมสะเต็มมีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ การสืบเสาะ และส่งเสริมการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนได้

Jho et al. (2016) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนจากโรงเรียนสองแห่งในประเทศเกาหลี มีการเก็บข้อมูลโดยการสำรวจ สัมภาษณ์ และการวิเคราะห์กรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีส่วนร่วมในกิจกรรม สามารถปฏิบัติได้จริง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

Mayasari (2016) ได้ทำการศึกษาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษาในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักศึกษา จำนวน 29 คน ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ในเมืองมาดิอุน ประเทศอินโดนีเซีย ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methods) เก็บข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและ

เชิงปริมาณ ทำการประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ 4P ประกอบด้วย บุคคล (Person) กระบวนการ (Process) ผลิตภัณฑ์ (Product) และสิ่งแวดล้อม (Press) ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นในทุกมิติ โดยเฉพาะด้านกระบวนการสร้างสรรค์ (Process) และผลิตภัณฑ์ (Product) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านสะเต็มศึกษาสามารถเพิ่มความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวของทั้งในประเทศ และต่างประเทศ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ท้าทายกับสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด เนนให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปญหา ผู้เรียนเรียนสามารถคิดค้นวิธีการใหม่ๆ ในการแก้ปัญหา เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนไปพร้อม ๆ กันได้

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 136 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่มด้วยการจับฉลากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน แล้วจับฉลากได้กลุ่มทดลอง 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/1 จำนวน 39 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/2 จำนวน 33 คน

1.3 แบบแผนการทดลอง การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบกึ่งทดลอง ใช้การเปรียบเทียบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Non-Equivalent Control Group Pretest - Posttest Design)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบละ 4 แผน จัดการเรียนรู้ เวลารวม 18 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 2 ชุด สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัยคู่ขนาน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อ

2.2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ชุด สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบทดสอบอัตนัยคู่ขนาน ฉบับละ 4 ข้อ

2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 และหลักสูตรสถานศึกษาวิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา สมรรถนะรายวิชา

(2) ศึกษาทฤษฎี ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM Education) และหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยงานวิจัยในครั้งนี้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาโดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน (สสวท, 2559) ประกอบด้วย ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

(3) กำหนดเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสนใจ โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

(4) วิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดสมรรถนะการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตร

(5) กำหนดสาระการเรียนรู้ โดยนำเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกันมาบูรณาการร่วมกัน

(6) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ให้สัมพันธ์กับสาระการเรียนรู้ สมรรถนะการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 4 แผน เวลารวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยการการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

แผนที่	หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อ	คาบ
1	แรง	แรงและชนิดของแรง 1. ความหมายของแรง 2. ชนิดของแรง และการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน - แรงในธรรมชาติ - แรงที่เกิดจากการกระทำ 3. การรวมแรง - การเขียนรูปแบบหางต่อหัว - การคำนวณผลรวมของแรงในแนวเดียวกัน	4
2	แรง	สมดุลของแรง 1. ความหมายของสมดุลของแรง - สมดุลสถิต - สมดุลจลน์ 2. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน 3. จุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วง 4. สมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุน 5. เสถียรภาพของวัตถุ 6. ประโยชน์ของสมดุลของแรงในชีวิตประจำวัน	5
3	การเคลื่อนที่	ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ 1. ระยะทาง 2. การกระจัด 3. อัตราเร็ว 4. ความเร็ว 5. ความเร่ง	5

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนที่	หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อ	คาบ
4	การเคลื่อนที่	การเคลื่อนที่แบบต่างๆ 1. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง - การเคลื่อนที่เส้นตรงแนวระนาบ - การเคลื่อนที่ภายใต้แรงดึงดูดของโลก 2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ 3. การเคลื่อนที่แบบวงกลม 4. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย 5. ประโยชน์ของการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวัน	4

ตารางที่ 3.2 แสดงโครงสร้างเนื้อหาและการบูรณาการตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้ทักษะบูรณาการสะเต็มศึกษา
แรงและชนิดของแรง	**อุปกรณ์ช่วยส่งอาหารและน้ำ** เมืองแห่งหนึ่ง เกิดพายุถล่มน้ำป่าไหลหลากน้ำท่วมรุนแรงและกระทันหันประชาชนหลายคนอพยพไม่ทัน ต้องปีนขึ้นไปอาศัยบนหลังคาบ้าน และขาดน้ำ ขาดอาหาร ปกติรัฐบาลจะให้การช่วยเหลือในการอพยพ และนำส่งอาหารและน้ำโดยเฮลิคอปเตอร์ โดยใช้วิธีบินลอยตัวนิ่ง แล้วเอาถุงอาหารและน้ำผูกเชือกหย่อนลงไปให้ชาวบ้าน แต่ในครั้งนี้มีพายุกระหน่ำต่อเนื่องเฮลิคอปเตอร์บินลอยตัวไม่ได้จึงส่งอาหารและน้ำไม่ได้ จึงได้โยนลงไปปรากฏว่าแรงกระแทกทำให้อาหารและน้ำเสียหายแตกเละเสียหาย จึงไม่โยนต่อและบินกลับทีมช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้รับคำสั่งการ	**วิทยาศาสตร์ (S) :** - ผลของแรง - ชนิดของแรง - แรงโน้มถ่วงของโลก - การเคลื่อนที่ของวัตถุ - สมดุล **เทคโนโลยี (T) :** - การสืบค้น รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา - การเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุ-อุปกรณ์ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยส่งอาหารและน้ำ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้ทักษะบูรณาการสะเต็มศึกษา
	เร่งด่วนให้สร้างอุปกรณ์ช่วยส่งอาหารและน้ำให้ผู้ประสบภัย โดยที่อาหารและน้ำต้องไม่ตกออกจากอุปกรณ์ ไม่แตก ไม่เละ ไม่เสียหาย และใช้ต้นทุนน้อย ทีมช่วยเหลือผู้ประสบภัยจึงทดลอออกแบบสร้างเป็นแบบจำลองก่อนสร้างจริง โดยมีข้อกำหนดว่า แบบจำลองอุปกรณ์ช่วยส่งอาหารและน้ำเป็นรูปแบบใดก็ได้ แต่ต้องใส่ไข่ไก่ได้ 1 ฟอง และเมื่อทดสอบปล่อยที่ระดับความสูง 12 เมตร ต้องถึงพื้นโดยที่ไข่ไม่ตกออกจากอุปกรณ์ ไม่แตก ไม่เละ ไม่เสียหาย และใช้ต้นทุนน้อย สมมุติให้นักเรียนเป็นทีมช่วยเหลือผู้ประสบภัย จงออกแบบและสร้างแบบจำลองอุปกรณ์ช่วยส่งอาหารและน้ำให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว	**วิศวกรรมศาสตร์ (E) :** - ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ช่วยส่งอาหารและน้ำ ให้ตรงตามเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด **คณิตศาสตร์ (M) :** - รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบและสร้าง - การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนจริง ในการออกแบบสร้าง - การคำนวณการออกแบบอุปกรณ์ ระยะและแรงกระแทก
สมดุลของแรง	**แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ** บริษัทรับเหมาแห่งหนึ่งได้รับงานสร้างสะพานข้ามแม่น้ำ ผู้ว่าจ้างต้องการให้การสร้างสะพานมีความแข็งแรงรับน้ำหนักได้เยอะและปลอดภัย เพื่อใช้สัญจรไปมา จึงต้องการให้ทีมวิศวกรของบริษัท สร้างแบบจำลองของสะพานมาให้ดูก่อน โดยกำหนดข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ คือ รูปแบบสะพานเป็นแบบใดก็ได้ โครงสร้างสะพานจะต้องมีความยาว50 เซนติเมตร ความกว้าง	**วิทยาศาสตร์ (S) :** - แรง แรงโน้มถ่วงของโลก - สมดุลของวัตถุ **เทคโนโลยี (T) :** - การสืบค้น รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา - การเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุ-อุปกรณ์ - ต้นแบบแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้ทักษะบูรณาการสะเต็มศึกษา
สมดุลของแรง	ของสะพานไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร มีเสารับน้ำหนักได้เพียง 2 ต้น และต้องสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน จึงถือว่ามีความแข็งแรงและปลอดภัย สมมุติให้นักเรียนเป็นทีมวิศวกรของบริษัทจงออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว	**วิศวกรรมศาสตร์ (E) :** - ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ให้ตรงตามเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด **คณิตศาสตร์ (M) :** - รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบและสร้าง - การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนจริง ในการออกแบบและสร้าง - การคำนวณการออกแบบอุปกรณ์ การรับน้ำหนัก
ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	**รถแข่งมหาสนุก** บริษัทรับออกแบบและสร้างรถแห่งหนึ่งได้รับงานว่าจ้างจากผู้ประกอบการธุรกิจรถแข่งให้สร้างรถที่ออกตัวได้แรง มีความเร็วสูง และมีการทรงตัวที่ดี เพื่อความปลอดภัยผู้ขับขี่ บริษัทจึงทำการคัดเลือกกลุ่มวิศวกรมาออกแบบเพื่อสร้างแบบจำลองรถแข่ง โดยจัดให้มีการแข่งขัน และมีเงื่อนไขว่า แบบจำลองรถแข่งจะใช้พลังงานยางในการขับเคลื่อน ขนาดรถต้องกว้างไม่น้อยกว่า 10 cm ยาวไม่เกิน 30 cm ไม่จำกัดรูปแบบ มีลูกบอลยางแทนคนขับแบบจำลองรถแข่งของวิศวกรคนใดวิ่งได้อัตราเร็วมากที่สุดโดยที่คนขับไม่กระเด็น	**วิทยาศาสตร์ (S) :** - การเคลื่อนที่ของวัตถุ - อัตราเร็ว - ล้อและเพลา - สมดุลของวัตถุ - พลังงานศักย์ยืดหยุ่น - พลังงานจลน์ **เทคโนโลยี (T) :** - การสืบค้น รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้ทักษะ บูรณาการสะเต็มศึกษา
ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	ออกจากรถจะได้รับรางวัลและการคัดเลือกเป็นต้นแบบรถแข่งจริง สมมุติให้นักเรียนเป็นทีมวิศวกรบริษัทดังกล่าว จงออกแบบและสร้างแบบจำลองรถแข่ง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว	-การเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุ-อุปกรณ์ในการออก แบบและสร้างรถแข่งมหาสนุก **วิศวกรรมศาสตร์ (E) :** - ใช้กระบวนการออก แบบเชิงวิศวกรรม ในการออก แบบและสร้างรถแข่งมหาสนุก ให้ตรงตามเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขและข้อ จำกัด **คณิตศาสตร์ (M) :** - รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบและสร้าง - การบวก ลบ คูณ หารจำนวนจริง ในการออก แบบสร้าง - การคำนวณการออกแบบแรงยาง และความเร็วในการเคลื่อนที่
การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	**แบบจำลองสไลเดอร์** บริษัทแห่งหนึ่งรับออกแบบและสร้างเครื่องเล่นเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งในครั้งนี้บริษัท ได้รับการว่าจ้างจากผู้ประกอบการธุรกิจสไลเดอร์สวนน้ำ ให้ออกแบบสไลเดอร์ที่สนุก หรรษา หวาดเสียว แต่มีปลอดภัยในการเล่น บริษัทจึงทำการคัดเลือกกลุ่มวิศวกรมาทำงานนี้โดยจัดให้มีการแข่งขันสร้างแบบจำลองสไลเดอร์ โดยใช้ลูกแก้วเสมือนผู้เล่นสไลเดอร์ และมีเงื่อนไขว่า รางสไลเดอร์สามารถแสดง	**วิทยาศาสตร์ (S) :** - การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง - การเคลื่อนที่แบบโปเจคไทล์ - การเคลื่อนที่แบบวงกลม - การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย - สมดุล - แรงเสียดทาน - การเปลี่ยนรูปพลังงาน

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้ทักษะบูรณาการสะเต็มศึกษา
การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	การเคลื่อนที่ได้ไม่น้อยกว่า 2 รูปแบบ (แบบเส้นตรง แบบโปรเจคไทล์ แบบวงกลม หรือแบบฮาร์มานิกอย่างง่าย) ในแต่ละรอบการเล่นสไลเดอร์ ต้องใช้เวลาอยู่บนสไลเดอร์ไม่ต่ำกว่า 10 วินาที จากจุดปล่อยจนถึงจุดสิ้นสุด และแบบจำลองสไลเดอร์นี้ ต้องปลอดภัยโดยผู้เล่นไม่หลุดกระเด็นออกนอกบริเวณที่กำหนด สมมุติให้นักเรียนเป็นทีมวิศวกรบริษัทดังกล่าว จงออกแบบและสร้างแบบจำลองสไลเดอร์ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว	**เทคโนโลยี (T) :** - การสืบค้น รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา - การเลือกใช้เครื่องมือและวัสดุ-อุปกรณ์ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสไลเดอร์ **วิศวกรรมศาสตร์ (E) :** - ใช้กระบวนการออก แบบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสไลเดอร์ ให้ตรงตามเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด **คณิตศาสตร์ (M) :** - รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบและสร้าง - การบวก ลบ คูณ หารจำนวนจริง ในการออก แบบสร้าง - การคำนวณการออกแบบอุปกรณ์ มุมองศา ความเร็ว

(7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

(8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาประเมินคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความชัดเจนความเป็นไปได้

ในการนำไปใช้และความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำผลการประเมินที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินแล้วมาหาค่าเฉลี่ย

(9) ปรับปรุงแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

(10) จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้

2) แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 และ หลักสูตรสถานศึกษาวิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จุดมุ่งหมายของหลักสูตรสาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา สมรรถนะรายวิชา

(2) ศึกษาทฤษฎี ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ 5 ขั้น (5Es) และหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

(3) กำหนดเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสนใจ โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

(4) วิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดสมรรถนะการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตร

(5) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ 5 ขั้น (5Es) ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ให้สัมพันธ์กับสาระการเรียนรู้ สมรรถนะการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 4 แผน เวลารวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยการการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ

แผนที่	หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อ	คาบ
1	แรง	แรงและชนิดของแรง	4
2	แรง	สมดุลของแรง	5
3	การเคลื่อนที่	ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ	5
4	การเคลื่อนที่	การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	4

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

(7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและจัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้

2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

(1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จากเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล และการสร้างข้อสอบวิทยาศาสตร์

(2) ศึกษาผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และแบ่งการออกข้อสอบตามระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน คือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ ตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดังนี้

ตารางที่ 3.4 แผนผังโครงสร้างการออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				จำนวนข้อ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	
1. แรงและชนิดของแรง	1	5	2	2	**10**
- บอกความหมายของแรงได้	1				1
- ระบุเหตุผลที่เกิดจากการกระทำของแรงได้				2	2
- อธิบายเกี่ยวกับแรงชนิดชนิดต่าง ๆ ได้		3			3
- ยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องแรงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้		2			2
- เขียนรูปแบบหางต่อหัวเพื่อหาค่าแรงลัพธ์ได้			1		1
- คำนวณผลรวมของแรงในแนวเดียวกันได้			1		1

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				จำนวนข้อ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	
2. สมดุลของแรง	1	3	2	4	**10**
- บอกความหมายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้	1				1
- ระบุเหตุการณ์ที่สอดคล้องตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้				1	1
- อธิบายสภาพสมดุลสถิตและสมดุลจลน์ของวัตถุได้		1			1
- วิเคราะห์เกี่ยวกับจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วงได้ถูกต้อง				2	2
- อธิบายลักษณะสมดุลของแรง สมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุนได้		2			2
- ระบุความสัมพันธ์ของเสถียรภาพของวัตถุกับตำแหน่งศูนย์ถ่วงได้ถูกต้อง				1	1
- นำหลักการสมดุลของแรงไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้			2		2
3. ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ	1	2	4	3	10
- บอกความหมายของการเคลื่อนที่ได้ถูกต้อง	1				1
- อธิบายความหมายและยกตัวอย่างระยะทางและการกระจัดได้		2			3
- ระบุความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่กับปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ได้				3	3
- คำนวณหาระยะทางและการกระจัดของการเคลื่อนที่ที่กำหนดให้ได้			2		1

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				จำนวนข้อ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	
- คำนวณหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่เมื่อกำหนดระยะทางและช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ได้			1		1
- คำนวณหาความเร่ง ของการเคลื่อนที่ที่กำหนดให้ได้			1		1
4. การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	0	4	2	4	**10**
- อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่ของวัตถุแนวเส้นตรงได้		1			1
- อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโปรเจคไทล์ได้		1			1
- อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบวงกลมได้		1			1
- อธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบฮาร์มอร์นิกอย่างง่ายได้		1			1
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของวัตถุรูปแบบต่างๆ ได้				2	
- จำแนกรูปแบบเคลื่อนที่ของวัตถุในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง				2	2
- นำหลักการการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้			2		2
รวม	**3**	**14**	**10**	**13**	**40**

(3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดโดยสร้างเป็นข้อสอบปรนัยคู่ขนาน

ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ หากตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อได้ 0 คะแนน

(4) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อ พิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับระดับพฤติกรรม เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนพิจารณา ดังต่อไปนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ระดับพฤติกรรมและเนื้อหา

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ระดับพฤติกรรมและเนื้อหา

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ระดับพฤติกรรมและเนื้อหา

(6) นำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ ระดับพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัด (Index of Item - Objective Congruence หรือ IOC) และคัดเลือกข้อสอบ ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปมาใช้ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบฉบับที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 นำข้อสอบมาใช้ได้ จำนวน 40 ข้อ และค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบฉบับที่ 2 อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 นำข้อสอบมาใช้ได้ จำนวน 39 ข้อ

(7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ทั้งสองฉบับ ไปทำการทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และเรียนเนื้อหาเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ มาแล้ว จำนวน 30 คน จากนั้นนำคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อหาคุณภาพ วิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และคัดเลือกข้อสอบที่ครอบคลุมทุกผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ มีความยากระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปมาใช้ ฉบับละ 30 ข้อ โดยข้อสอบฉบับก่อนเรียนที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37 - 0.73 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.25 - 1.00 และข้อสอบฉบับหลังเรียนที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37 - 0.77 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.38 - 1.00

(8) วิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ทั้ง 2 ฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน พบว่า

แบบทดสอบฉบับก่อนเรียนมีค่าความเที่ยง เท่ากับ .871 และแบบทดสอบฉบับหลังเรียนมีค่า ความเที่ยง เท่ากับ .890

(9) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง ตรวจทานความถูกต้อง เพื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

(1) ศึกษาเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การสร้างกรอบความคิดขององค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

(2) สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ แบบอัตนัยแบบคู่ขนาน จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 4 ข้อ ประกอบด้วยการวัดองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด และกำหนดบริบทของคำถามปลายเปิด 4 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย การแสดงแนวคิดด้วยภาพ การแก้ปัญหาด้านสังคม และการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยเป็นผู้คิดเกณฑ์การให้คะแนนสอดคล้องตามองค์ประกอบการประเมินของ PISA 2022 (OECD, 2022)

ตารางที่ 3.5 แสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	**ตัวชี้วัดพฤติกรรม**
การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	ความสามารถของนักเรียนในการคิดอย่างยืดหยุ่นโดยการสร้างแนวคิดที่แตกต่างหลากหลาย ที่เหมาะสม โดยวัดได้จากจำนวนของแนวคิดที่เหมาะสมกับสถานการณ์หรือบริบทที่กำหนดให้และมีความแตกต่างจากกันมากที่สุด
การสร้างแนวคิดแปลกใหม่	ความสามารถของนักเรียนในการสร้างแนวคิดที่เหมาะสมและเป็นต้นแบบ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์และการใช้งานที่แปลกใหม่ ไม่เหมือนใคร มีความโดดเด่นเฉพาะตัว โดยวัดได้จากแนวคิดที่ไม่ซ้ำ หรือมีความแตกต่างจากคำตอบทั่วไปของนักเรียนในห้อง แต่ยังสอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทที่กำหนดให้ แสดงถึงประโยชน์และการใช้งานได้จริง
การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	ความสามารถของนักเรียนในการประเมินข้อจำกัดในแนวคิดเดิม และสามารถพัฒนาหรือปรับปรุงแนวคิดเดิมได้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยวัดได้จากการระบุข้อมูลการประเมินข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องจากแนวคิดเดิม และระบุข้อเสนอใหม่ในการพัฒนาหรือปรับปรุงแนวคิดเดิมที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทที่กำหนดให้ โดยรักษาสาระสำคัญของแนวคิดเดิมไว้ไม่ลบล้างแนวคิดเดิมนั้น

ตารางที่ 3.6 แผนผังโครงสร้างการออกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการแสดงแนวคิด	**องค์ประกอบ**			**จำนวนข้อ**
	การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	
การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย	1	1	1	**3**
การแสดงแนวคิดด้วยภาพ	1	1	1	**3**
การแก้ปัญหาด้านสังคม	1	1	1	**3**
การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์	1	1	1	**3**
รวม	**4**	**4**	**4**	**12**

ตารางที่ 3.7 โครงสร้างการให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบในการวัด	**คะแนนเต็ม**				**รวมคะแนน**
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	
การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	3	3	3	3	**12**
การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	3	3	3	3	**12**
การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	3	3	3	3	**12**
รวม	**9**	**9**	**9**	**9**	**36**

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับข้อสอบแต่ละข้อ

องค์ประกอบ	**เกณฑ์การให้คะแนน**	**คะแนน**
การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	ตอบได้ตามที่โจทย์กำหนดและมีความแตกต่างจากกันโดยสิ้นเชิง	3
	ตอบได้ตามตามที่โจทย์กำหนดให้และมีความแตกต่างจากกันปานกลาง	2
	ตอบได้ตามที่โจทย์กำหนดและมีความแตกต่างจากกันน้อยหรือตอบได้น้อยกว่าที่โจทย์กำหนด	1

ตารางที่ 3.8 (ต่อ)

องค์ประกอบ	เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
	ตอบไม่แตกต่างกันหรือไม่ตอบคำถาม	0
การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน	3
	คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-4 คน	2
	คำตอบที่มีผู้ตอบ 5 คนขึ้นไป	1
	ไม่ตอบคำถาม	0
การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	ปรับปรุงแนวคิดได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทยิ่งขึ้น เหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริงที่สุด	3
	ปรับปรุงแนวคิดได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท เหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริงระดับปานกลาง	2
	ปรับปรุงแนวคิดได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท เหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริงได้น้อย	1
	ไม่ตอบคำถาม หรือ ปรับปรุงแนวคิดไม่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท	0

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ช่วงร้อยละ	ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
80 - 100	ดีมาก
70 - 79	ดี
60 - 69	ปานกลาง
50 - 59	น้อย
0 - 49	ปรับปรุง

(3) นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์สำหรับพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะแล้วปรับปรุงแก้ไข

(4) นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องความชัดเจนของคำถาม โดยพิจารณาความสอดคล้องของตัวบ่งชี้ ในกรอบการคิดกับโจทย์และคำสั่งที่ใช้ในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์ในการให้ คะแนนพิจารณา ดังต่อไปนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ

(5) คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) โดยคัดเลือกข้อสอบ ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปมาใช้ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบฉบับที่ 1 อยู่ที่ 1.00 นำข้อสอบมาใช้ได้ ทั้งชุด 4 ข้อใหญ่ รวม 12 ข้อย่อย และค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบฉบับที่ 2 อยู่ที่ 1.00 นำข้อสอบมาใช้ได้ทั้งชุด 4 ข้อใหญ่ รวม 12 ข้อย่อย

(6) นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทำการทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน จากนั้นนำคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อหาคุณภาพ วิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ และคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปมาใช้ ฉบับละ 4 ข้อ ซึ่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนมีค่า ความยากอยู่ระหว่าง 0.34-0.72 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.56-1.00 และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.28-0.66 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.44-1.00

(7) คำนวณค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบาค ฉบับก่อนเรียน และฉบับหลังเรียน พบว่าแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนมีค่าความเที่ยง เท่ากับ .947 และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยง เท่ากับ .958

(8) จัดพิมพ์แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับจริง ตรวจทานความถูกต้อง เพื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามแบบแผนการทดลอง ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง มีขั้นตอน ดังนี้

3.1 ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนทุกคนเข้าใจลักษณะและรูปแบบการจัดการเรียนรู้

3.2 ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตรวจและบันทึกคะแนน

3.3 วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

3.4 จัดการเรียนรู้นักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

3.5 ทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดหลังเรียน กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตรวจและบันทึกคะแนน

3.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน

3.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และนักเรียนกลุ่มควบคุม จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

4.1 สถิติที่พื้นฐาน ได้แก่

4.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

4.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

4.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

4.2.1 ความตรง (Validity: Index of Item-Objective Congruence) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ΣR แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ค่า IOC มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อคำถามวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ สามารถนำข้อสอบไปใช้ได้

4.2.2 ความยาก (Difficulty: P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ ใช้สูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนผู้สอบที่เลือกคำตอบถูก

T แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

4.2.3 ความยาก (Difficulty: p) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อสอบอัตนัย) โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

$$P = \frac{\Sigma H - \Sigma L - (2N\ Score_{min})}{2N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยาก

ΣH แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 25%

ΣL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 25%

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4.2.3 อำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ ใช้สูตร (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

$$r = \frac{H - L}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด

4.2.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อสอบอัตนัย) โดยวิเคราะห์แบบทดสอบรายข้อ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

$$r = \frac{\Sigma H - \Sigma L}{N\,(Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าความยาก

ΣH แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง 25%

ΣL แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ 25%

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4.2.5 ความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

k แทน จำนวนข้อคำถาม

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในเครื่องมือวิจัย

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามถูก

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบในแต่ละข้อคำถามผิด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 - p

4.2.6 ความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อสอบอัตนัย) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา **(α)** ของครอนบาค (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2564)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ค่าเที่ยงของเครื่องมือวิจัย

k แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามข้อที่ i

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

4.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

4.3.1 การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent) (ไพศาล วรคำ, 2561)

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d\sqrt{n}} \quad ; df = n - 1$$

เมื่อ t แทน สถิติทดสอบที

$\bar{d}$ แทน ผลต่างเฉลี่ยของคู่คะแนน

S_d แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนคู่คะแนน หรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

4.3.2 การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (t - test independent) (ไพศาล วรคำ, 2561)

1) กรณีที่มีความแปรปรวนเท่ากัน (Equal variances assumed) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}}$$

เมื่อ $$S_p = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

และ $df = n_1 + n_2 - 2$

2) กรณีที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน (Equal variances not assumed) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1}+\frac{S_2^2}{n_2}}}$$

โดย $$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}+\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1}+\frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ $\bar{X}_1, \bar{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

S_1^2, S_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

n_1, n_2 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ โดยผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม มาเปรียบเทียบและทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน ผลแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้	**N**	**M**	**SD**	**t**	**Sig.**
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	39	23.15	2.64	1.11	.27
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ	33	22.33	3.62		

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน โดยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.64 และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.33 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.62

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ โดยผู้วิจัยได้นำคะแนนผลการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม มาเปรียบเทียบและทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน ผลแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้	**N**	**M**	**SD**	**t**	**Sig.**
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา	39	22.74	4.88	3.47*	0.00
จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ	33	18.30	5.82		

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.74 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.88 และคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.30 คะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.82

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยผู้วิจัยได้นำคะแนนผลการทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบและทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	N	M	SD	t	Sig.
ก่อนเรียน	39	13.19	3.05	15.11*	0.00
หลังเรียน	39	22.74	4.88		

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.05 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.74 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.88

และผู้วิจัยได้นำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนมาศึกษาเปรียบเทียบแยกตามองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ 3 ด้าน ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย ด้านการสร้างแนวคิดแปลกใหม่ และด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด มาเปรียบเทียบคะแนนและทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แยกตามองค์ประกอบแต่ละด้านของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	N	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig.
		M	SD	M	SD		
ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	39	5.41	1.50	8.67	1.98	9.52*	0.00
ด้านการสร้างแนวคิดแปลกใหม่	39	4.21	1.51	6.82	1.82	10.66*	0.00
ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด	39	3.56	1.12	7.26	2.25	10.36*	0.00

*p < .05

จากตารางที่ 4.4 คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบแต่ละด้านของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน มีผลดังนี้

1) ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลายก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.50 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.67 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.98

2) ด้านการสร้างแนวคิดแปลกใหม่ คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสร้างแนวคิดแปลกใหม่ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.51และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.82 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.82

3) ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิดก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.12 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.25

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ครั้งนี้ ผู้วิจัยสรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ไว้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.2 สมมุติฐานการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

1.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

1.2.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 136 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่มด้วยการจับฉลากสุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน แล้วจับฉลากได้กลุ่มทดลอง 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/1 จำนวน 39 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง ได้แก่ นักเรียนแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 2/2 จำนวน 33 คน

1.3.2 ตัวแปรในการวิจัย

1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ แบบละ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลารวม 18 ชั่วโมง

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

(1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยวัดระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 4 ด้าน คือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ จำนวน 2 ฉบับสำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยคู่ขนาน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อ

(2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยการวัดองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด และกำหนดบริบทของคำถามปลายเปิด 4 รูปแบบ ได้แก่ การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย การแสดงแนวคิดด้วยภาพ การแก้ปัญหาด้านสังคม และการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบอัตนัยคู่ขนาน จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 4 ข้อ

1.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ดังมีรายละเอียดดังนี้

1) ชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนทุกคนเข้าใจลักษณะและรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) ทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดก่อนเรียน กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตรวจและบันทึกคะแนน

3) วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า นักเรียน ทั้งสองกลุ่มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

4) จัดการเรียนรู้นักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ

5) ทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดหลังเรียน กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตรวจและบันทึกคะแนน

6) วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน

7) วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน

8) วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากคะแนนการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t–test แบบ Independent samples

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t – test แบบ Independent samples

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ t – test แบบ Dependent samples

1.4 ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

1.4.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

1.4.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

2. อภิปรายผล

ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ในข้อที่ 1 โดยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.64 และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.33 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.62

จากการที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยบ่งชี้เหตุผลสำคัญได้ 2 ประการ คือ

เหตุผลประการที่ 1 พิจารณาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ในสาระการเรียนรู้ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เป็นข้อสังเกตได้ถึงเหตุผลที่มีต่อผลการวิจัยข้างต้น ดังนี้

การเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน มาใช้เป็นกระบวนการสอน ประกอบด้วย ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่สอดคล้องกับบริบทของเนื้อหา ผู้เรียนร่วมกันคิดวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เงื่อนไข ข้อจำกัด สวมบทบาทตนเองเป็นวิศวกรร่วมกันออกแบบและสร้างแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย ร่วมกันสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาให้สำเร็จในขั้นทดสอบ ผู้เรียนมีการประเมินและปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง จากนั้นมีการนำเสนอชิ้นงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ที่เป็นเนื้อหาสาระของการเรียนรู้ และมีการประยุกต์ใช้ความรู้บูรณาการร่วมกับวิชาอื่น ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง และนอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ใช้สามารถช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียน ผู้เรียนเกิดความสนุกสนาน เกิดการกระตือรือร้น มีการแบ่งหน้าที่ตามความถนัด ทุกคนจึงมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติจริง จัดเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ควบคู่กับทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต

การเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ประกอบด้วย ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล โดยกิจกรรมการเรียนรู้เริ่มด้วยเหตุการณ์ตามบริบทของเนื้อหากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย สนใจ นำไปสู่ประเด็นที่จะเรียนรู้ จากนั้นให้ผู้เรียนได้สืบเสาะผ่านการทดลอง การปฏิบัติ หรือการสืบค้น แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอ ถึงข้อสรุปในการสนับสนุนหรือโต้แย้งสมมติฐาน มีผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดองค์ความรู้ในเนื้อหาสาระ ต่อมาขยายความรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเพิ่มเติม ให้เกิดความรู้ที่กว้างขึ้น จากนั้นทำการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน และนำความรู้ไปประยุกต์สู่เรื่องอื่น ๆ

จะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในขั้นตอนกระบวนการ และกิจกรรมที่นำมาใช้ แต่ในส่วนเนื้อหาสาระหรือองค์ความรู้มีความเท่าเทียมกันเนื่องจากเรื่องที่จัดการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

เหตุผลประการที่ 2 พิจารณาจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยใช้เป็นการวัดพฤติกรรมในระดับ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ขั้นพื้นฐานทั่วไป ไม่ได้เน้นทักษะการคิดขั้นสูง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือระดับพฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายของสะเต็มไว้ในข้อสอบโดยตรง

ดังนั้น การที่นักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน จึงเป็นเรื่องที่สามารถเป็นไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐชา พัฒนา (2561) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน

เมื่อผู้วิจัยทำการการเปรียบเทียบเพิ่มเติม ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผู้วิจัยมองว่าเป็นเพราะนักเรียนเกิดองค์ความรู้หลังจากผ่านการเรียนรู้มาแล้ว และหากต้องการพิจารณาให้เห็นความแตกต่างของพัฒนาการเราอาจทำการเทียบผลสัมฤทธิ์กับเกณฑ์มาตรฐานของสถานศึกษาหรือมาตรฐานของหลักสูตรด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตย ฉิมกุล (2559) ที่พบวา นักเรียนที่เรียนรูชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกวาเกณฑร้อยละ 70 อยู่ในระดับดี ลัดดาวัลย นางประโคน (2560) ที่พบว่า การจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษามีผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับ อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Scott (2012) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นการเรียนการสอนด้านสะเต็มศึกษาในสหรัฐอเมริกามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สูงกว่าโรงเรียนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ และ Jho et al. (2016) ที่พบว่า นักเรียนในประเทศเกาหลีที่ได้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความกระตือรือร้นในการเรียน มีส่วนร่วมในกิจกรรม สามารถปฏิบัติได้จริง และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2.2 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษากับได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ในข้อที่ 2 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.74 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.88 และคะแนน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.13 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.82

ผู้วิจัยบ่งชี้เหตุผลสำคัญได้ว่า การที่คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ เป็นเพราะรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดทั้งในขั้นตอน กระบวนการ และรูปแบบกิจกรรม ของการจัดการเรียนรู้ทั้งสอบแบบ โดยเฉพาะกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามองเห็นได้ชัดเจนว่าเป็นกิจกรรมที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ในการนี้ผู้วิจัยสามารถบ่งชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สำคัญ 4 ขั้นตอน จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน ประกอบด้วย

ขั้นระบุปัญหา ผู้เรียนได้ฝึกคิดเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย แปลกใหม่ มีความยืดหยุ่นจากสถานการณ์ปัญหาจริง และสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดโจทย์

ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนได้ฝึกแสดงแนวคิดด้วยการวาดภาพร่างแบบชิ้นงานในรูปแบบที่หลากหลายแปลกใหม่ มีการคิดวิเคราะห์ ประเมินแนวคิดและเลือกแบบที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด รวมถึงในส่วนการลงรายละเอียดก็ยังสามารถช่วยฝึกให้นักเรียนเกิดความละเอียดลออในการคิดได้ด้วย

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นนี้ฝึกให้ผู้เรียนเขียนลำดับขั้นตอนในการสร้างชิ้นงาน เป็นการฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ อย่างละเอียดลออ อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

ขั้นทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงชิ้นงาน ผู้เรียนร่วมกันทดสอบชิ้นงาน พิจารณาความสำเร็จของชิ้นงานเบื้องต้น หาจุดบกพร่องและปรับปรุงชิ้นงาน ส่งเสริมให้เกิดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด

ในส่วนอีก 2 ขั้นตอนที่ไม่กล่าวถึง คือ ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ถึงจะไม่เด่นชัดในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ และนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานและแก้ไขปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นขั้นตอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา เห็นได้ชัดว่านักเรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติอย่างแท้จริงในทุกขั้นตอนที่กล่าวมา เหล่านี้ล้วนเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านที่ผู้วิจัยศึกษา คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่การประเมินและปรับปรุงแนวคิด (PISA, 2022) สอดคล้องกับงานวิจัยของอาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเอื้อให้นักเรียนได้คิดออกแบบชิ้นงาน ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่อิงกับบริบทชีวิตจริง

สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นการฝึกกระบวนการคิดของนักเรียนมากกว่า สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2561) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม และณัฐชา พัฒนา (2561) ที่พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gonzalez & Kuenzi (2012) ที่พบว่า โรงเรียนในสหรัฐอเมริกาที่ใช้หลักสูตรสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนได้ลึกซึ้งขึ้น นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงโต้แย้ง และการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น และส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านการบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชา ทำให้นักเรียนสามารถคิดค้นวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาได้ Sahin et al. (2014) ศึกษาผลของการนำกิจกรรมสะเต็มมาจัดเป็นโปรแกรมกิจกรรมหลังเลิกเรียนในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา พบว่า กิจกรรมสะเต็มมีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ การสืบเสาะ และส่งเสริมการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนได้ และ Jho et al. (2016) ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของโรงเรียนในประเทศเกาหลี พบว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักเรียนมีความกระตือรือร้น มีส่วนร่วมในกิจกรรม สามารถปฏิบัติได้จริง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น

2.3 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.05 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.74 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.88 และเมื่อผู้วิจัยได้เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลายก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.50 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.67 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.98 ด้านการสร้างแนวคิดแปลกใหม่ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบน-มาตรฐาน 1.51 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.82 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.82 ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิดก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.12 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.25 สรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์

ตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05

สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐชา พัฒนา (2561) ที่พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาโดยวัดจาก 4 องค์ประกอบ คือ คิดคล่อง คิดริเริ่ม คิดสร้างสรรค์ และ คิดละเอียดลออ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2561) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม โดยในขั้นวางแผนและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้คิดและวาดภาพร่างได้รวดเร็ว หลากหลาย แปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 จตุรภัทร มาศโสภา และคณะ (2565) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ นักเรียนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayasari (2016) ที่พบว่า นักศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ในเมืองมาดิอุน ประเทศอินโดนีเซีย ที่การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านสะเต็มศึกษา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นในทุกมิติอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน (สสวท., 2559) ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา นักเรียนได้มีส่วนร่วมตั้งแต่การนำเข้าสู่บทเรียนที่แฝงอยู่ในขั้นระบุปัญหา เป็นการยกเหตุการณ์หรือสถานการณ์ปัญหาจริง ในชีวิตประจำวัน ในรูปแบบคลิปวีดีโอสั้น เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา รวมถึงมีการใช้คำถามชักนำเข้าสู่เนื้อหาที่สอดคล้องกัน ทำให้นักเรียนเห็นแนวโน้มของการนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาต่อ จากนั้นมีการนำเข้าสู่ประเด็นปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไขจากใบกิจกรรมตามโจทย์สะเต็มศึกษาในรูปแบบของงานกลุ่ม ครูไม่ได้ปล่อยให้นักเรียนอ่านและทำด้วยตนเองโดยตรงแต่ครูจะคอยป้อนคำถามกระตุ้นความคิด ให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดของตนเอง เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดร่วมกันในการพิจารณาประเด็นปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา จดบันทึกข้อมูล เขียนระบุประเด็นปัญหา เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของปัญหา ตามลำดับขั้นตอนอยู่ในใบกิจกรรมของกลุ่ม ขั้นตอนแรกนี้เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดแปลกใหม่ และมีความยืดหยุ่นในการคิดจากสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข่อง จากประเด็นปัญหาตามโจทย์สะเต็มศึกษาเป็นเรื่องที่เกี่ยวเนื่องกับเนื้อหาสาระที่นักเรียนต้องเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้ครูจึงสามารถจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาเข้าไปได้อย่างสอดคล้องไม่แตกประเด็น เป็นการสร้างองค์ความรู้ในเนื้อหาสาระตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดที่เป็นการแสดงออกถึงความรู้เข้าใจในเนื้อหาเพื่อการวัดและประเมินผลของครูระหว่างเรียนได้ด้วย จากความรู้ในเนื้อหานี้ นักเรียนจะสามารถนำความรู้ไปใช้เป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาต่อไปได้ ที่สำคัญในขั้นนี้เป็นการบูรณาการองค์ความรู้สะเต็มศึกษา ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ พร้อมการบันทึกข้อมูล นักเรียนต้องเชื่อมโยงได้ว่าความรู้เรื่องใดนำมาใช้ในส่วนใดของชิ้นงาน แสดงให้เห็นถึงคุณค่าและความสำคัญของเนื้อสาระที่นักเรียนเคยได้เรียนในวิชาต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนช่วยตอบคำถามในใจของนักเรียนหลาย ๆ คนที่ว่า เรียนแล้วเอาไปทำอะไรได้ แต่ทั้งนี้เพื่อไม่ให้หลุดประเด็นนี้ไป ครูควรจะใช้คำถามกระตุ้นให้เกิดเชื่อมโยงหรือนำอภิปรายให้นักเรียนได้เกิดความตระหนักรู้ เห็นคุณค่าและความสำคัญได้ว่าองค์ความรู้ที่เราได้เรียนรู้ไปในวิชาต่าง ๆ นั้นมีประโยชน์ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนได้

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ระดมความคิดในการออกแบบร่างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ ให้มีความแตกต่าง แปลกใหม่ แต่สอดคล้องกับการนำไปใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ มีการคิดวิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของแบบร่างที่มีต่อความสำเร็จของชิ้นงานในการแก้ปัญหา และเลือกแบบที่สมาชิกกลุ่มเห็นว่าเหมาะสมที่สุด มีการนำรูปแบบ รูปทรง องคประกอบต่าง ๆ เข้ามาร่วมในการออกแบบ มีการลงรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ขนาด วัสดุที่ใช้ในตำแหน่งต่างๆ ระบุหน้าที่การทำงานของแต่ละชิ้นส่วน ทั้งนี้การออกแบบชิ้นงานต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดของวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดและเตรียมไว้ให้ ขั้นตอนนี้จึงช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ การคิดละเอียดลออ รวมถึงการประเมินและปรับปรุงแนวคิด โดยครูจะต้องคอยสังเกต ร่วมประเมินแบบร่างกับนักเรียน รวมถึงให้คำแนะนำต่าง ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนลงรายละเอียดให้ครบถ้วน เพราะรายละเอียดเหล่านี้เป็นตัวสำคัญที่จะช่วยวางแผนเกี่ยวกับการใช้วัสดุ อุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการสร้างชิ้นงานในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะร่วมระดมความคิดเพื่อวางแผนและเขียนออกมาเป็นลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน และปฏิบัติการสร้างชิ้นงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ ซึ่งหากนักเรียนมีการวางแผนที่ดี มีลำดับขั้นตอนชัดเจน ครบถ้วน จะส่งผลให้การสร้างชิ้นงานสำเร็จได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ขั้นนี้จึงเป็นการฝึกให้นักเรียนได้เกิดการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นลำดับขั้นและการคิดละเอียดลออ โดยครูต้องคอยสังเกต ให้คำแนะนำ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความร่วมมือในการคิดและสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในขั้นนี้นักเรียนได้มีการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตนเอง มีจดบันทึกข้อมูลการทำงาน ข้อบกพร่อง และวิธีการปรับ

แก้ไขชิ้นงานให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหา ขั้นตอนนี้ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิดของนักเรียนได้ดี และ

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่แสดงออกถึงกระบวนการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอนของกลุ่ม ตั้งแต่ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนสุดท้าย และเป็นการแสดงผลของการสร้างชิ้นงาน ช่วยฝึกทักษะการพูดนำเสนอให้กับนักเรียน และในช่วงการพิสูจน์ประสิทธิภาพหรือสาธิตชิ้นงานให้เพื่อน ๆ ดู เป็นขั้นที่นักเรียนจะส่งเสียงเชียร์เกิดขึ้น นักเรียนมีความสุข สนุกสนาน รวมถึงเมื่อชิ้นงานสามารถทำงานได้ตามเป้าตามเงื่อนไข ก็เป็นการสร้างความภาคภูมิใจให้กับตัวนักเรียนเอง และหากครูมีการจัดเตรียมของรางวัลให้สำหรับกลุ่มที่ทำได้ดีที่สุด ก็จะเป็นการเสริมแรงให้นักเรียนมีความตั้งใจทำตั้งแต่ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนสุดท้ายยิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้อาจมองว่าเป็นการนำเสนอชิ้นงานไม่ได้สัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ แต่จริง ๆ แล้วในกระบวนนำเสนอนั้น เพื่อน ๆ ในห้องจะมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ และร่วมอภิปรายถึงความสำเร็จของชิ้นงาน มีการให้ข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครูผู้สอน ทำให้นักเรียนในกลุ่มที่นำเสนอได้คิดถึงประเด็นการพัฒนาชิ้นงานในรายละเอียดที่กลุ่มอาจมองข้ามไป ดังนั้นขั้นตอนนี้หากครูไม่ละเลยในส่วนนี้ไป ก็จะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด และมีความละเอียดลออในการคิดเพิ่มขึ้นได้ด้วยเช่นกัน อีกทั้งในขั้นตอนนี้ เมื่อนักเรียนนำเสนอชิ้นงานครบแล้ว ครูยังสามารถให้นักเรียนขยายความรู้ในเนื้อหาสาระเชื่อมโยงกับองค์ความรู้เพิ่มเติม รวมถึงการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างได้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น

ทั้งนี้สิ่งที่ครูต้องตระหนักและปฏิบัติในทุก ๆ ขั้นตอนของการทำกิจกรรม คือ ครูต้องคอยสังเกตการณ์ คอยแนะนำ คอยกระตุ้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการโต้แย้งในกลุ่ม เพื่อสะท้อนการทำงานของกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ จึงจะช่วยให้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากข้อมูลทั้งหมดนี้บ่งชี้ได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนเป็นขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ มีผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ไปพร้อม ๆ กัน และยังบ่งชี้ได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้นี้เป็นการช่วยให้นักเรียนดึงศักยภาพในตัวเองออกมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ สอดคล้องกับทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ หรือ Constructionism (Papert, 1999) ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งที่เป็นรูปธรรม โดยเชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้ดีที่สุดเมื่อพวกเขามีโอกาสสร้างชิ้นงาน การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในบริบทที่นักเรียนมีความสนใจ ด้วยการสร้างชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและยั่งยืนมากขึ้น และสอดคล้องกับ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2560) กล่าวถึงการจัดการศึกษาที่จะต้องพัฒนาให้คนไทยมีความสามารถในการคิด โดยเฉพาะในด้านการคิดสร้างสรรค์

การคิดผลิตภาพเพื่อให้สามารถสร้างนวัตกรรมได้ด้วยตนเอง และต้องจัดการศึกษาให้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้ มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ มาตอบสนองความต้องการของสังคม และสอดคล้องกับสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2560) กล่าวถึง ประเทศไทยปรับเปลี่ยนไปสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 เปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศให้เป็นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value - based Economy) ที่มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ (1) เปลี่ยนการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม (2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อน ประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม และ (3) เปลี่ยนจากเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคการบริการมากขึ้น ทุกภาคส่วนจึงต้องมีการขับเคลื่อนเพื่อตอบสนองกับทิศทางการผลิตและการพัฒนากำลังคนของประเทศ เช่นเดียวกับการจัดการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มุ่งผลิตกำลังคนที่มีคุณภาพมาตรฐานเพื่อป้อนออกสู่ตลาดแรงงาน รวมถึงพัฒนานักเรียนอาชีวศึกษาให้เป็นผู้ผลิต ผู้คิดค้น และเป็นผู้สร้างนวัตกรรม เพื่อการประกอบอาชีพ ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับเป้าหมายทางการศึกษานี้ เพราะนอกจากส่งผลให้ผู้เรียนจะเกิดองค์ความรู้แล้วยังสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเป็นนวัตกรในอนาคตได้อีกด้วย

3. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย ผู้วิจัยพบผลการทดลอง ปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการ จึงมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ครูผู้สอนต้องศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ให้ถี่ถ้วน ได้แก่ เนื้อหา กระบวนการ รูปแบบการสอน สื่อการเรียนรู้ที่ต้องใช้ รวมถึงพื้นฐานความรู้และทักษะของผู้เรียน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามเป้าหมาย

3.1.2 ครูผู้สอนต้องออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ลดการบรรยาย เน้นการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนอย่างมีส่วนร่วม

3.1.3 ครูผู้สอนต้องมีการเตรียมสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้และชีวิตจริง รวมถึงมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำชิ้นงานให้พร้อม เพื่อให้นักเรียนเกิดความตื่นตัว และสนใจ รวมถึงปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

3.1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาถือเป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียน ครูผู้สอนควรดูแลและให้คำแนะนำให้กับนักเรียน ตลอดการทำกิจกรรม มีการกระตุ้นให้นักเรียนมีการพูดคุย แลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้ปัญหาและชิ้นงานของกลุ่ม เพื่อการฝึกให้นักเรียนมีเหตุผล ยอมรับความคิดของผู้อื่น และจะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดผ่านกระบวนออกแบบเชิงการวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.5 การจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของสะเต็มศึกษาผู้เรียนจะต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมที่เพียงพอ หากกำหนดเวลาในการทำงานของผู้เรียนน้อยเกินไป จะส่งผลให้ผู้เรียนต้องรีบทำงาน ขาดการวางแผนงานที่ดี ชิ้นงานไม่มีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจึงควรกำหนดเวลาที่เพียงพอและยืดหยุ่นได้ อาจอนุญาตให้มาทำงานนอกเวลาเรียนได้ หรืออาจปรับเปลี่ยนกิจกรรมอย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.3.6 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สิ่งสำคัญคือเครื่องมือวัดที่ครูสร้างครูต้องศึกษาองค์ประกอบที่องการวัดและดำเนินการสร้างเครื่องมืออย่างรอบคอบ โจทย์ที่สร้างไม่ควรยาวเกินไป มีความชัดเจน เหมาะสมกับระดับผู้เรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจประเด็นคำถามได้ถูกต้องและตอบได้ตรงประเด็นที่ถาม

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนรู้การเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา กับนักเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ เนื่องจากผลการวิจัยนี้บ่งชี้ ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

3.2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่นอกเหนือจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ทักษะการสื่อสาร หรือทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ระหว่างที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการกลุ่มในการแก้ปัญหา มีความกระตือรือร้น สนุกสนานในการทำกิจกรรม และภูมิใจในการนำเสนอชิ้นงานที่เป็นความสำเร็จของกลุ่ม รวมถึงสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่น ๆ ได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมล โพธิเย็น. (2562). ความคิดสร้างสรรค์: พรสวรรค์ที่ครูควรสรรค์สร้างให้ผู้เรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยศิลปกร 17*(1), 9-27.

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 18*(4), 334-348.

กรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2562. (2562, 6 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 303 ง. หน้า 17-20.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2564). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสารชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 10, หน่วยที่ 9, น. 1-83). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ไกรสุจิต ขีดขั้น, ฐิติมา เจริญดี, นิชาภัทร คำทอง, และสุภา สิงโตแก้ว. (2565) สะเต็มศึกษา เพื่อการดำรงชีวิตที่ยั่งยืน. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *50*(236), 5-10.

จตุรภัทร มาศโสภา, ธารทิพย์ ขุนทอง และอภิชาติ สังข์ทอง. (2565). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์. *Journal of Roi Kaensarn Academi., 7*(3), 33-46.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และชนิพรรณ จาติเสถียร. (2560). การพัฒนาวิชาชีพครูแบบร่วมมือ เรื่อง STEM สำหรับครูปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10*(2), 35-53.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และมนัส บุญประกอบ. (2564) การจัดสื่อและนวัตกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7, หน่วยที่ 10, น. 1-61). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชูกิจ ลิมปิจำนงค์. (2563, 26 สิงหาคม). *สสวท. กับการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาสู่ประเทศไทย 4.0 ตามวิถีใหม่*. สสวท. | IPST. https://www.ipst.ac.th/news/1404/stem4-0.html

ฐิติวรดา พลเยี่ยม. (2561). สะเต็มศึกษา : ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. *วารสารครุพิบูล, 5*(2), 122-135.

ณัฐชา พัฒนา, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*, *12*(2), 118-132.

ณัฐชา พัฒนา. (2561). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทรงพล ผดุงพัฒนากูล. (2565). การนำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ไปใช้และการประเมินหลักสูตรวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 6, น. 1-65). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทวีป แซ่ฉิน. (2556). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี Constructionism เพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม App Inventor สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2558). *การคิดสร้างสรรค์*. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (บก.). *ศาสตร์การคิด*. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

_____. (2559). การพัฒนาและประเมินความคิดสร้างสรรค์ในสถานศึกษา. *วารสาร ศึกษาศาสตร์*, *27*(1), 1-14.

_____. (2560). การประเมินความคิดสร้างสรรค์. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (บก.). *คิดสร้างสรรค์: สอนและสร้างได้อย่างไร* (พิมพ์ครั้งที่ 2, น. 34-54). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2565). การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 14, น. 1-85). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ. (2562). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2559). ความหมายและขอบข่ายของการคิดสร้างสรรค์. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (บก.). *คิดสร้างสรรค์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. (พิมพ์ครั้งที่ 2, น. 1-30). จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย.

_____. (2560). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 2. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยาวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 9, น. 1-105). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2565). ทฤษฎีการเรียนรู้และศาสตร์การสอนกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสารชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 7, น. 1-96). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2559). *การคิดเชิงระบบและความคิดสร้างสรรค์*. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2565). การจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 10, น. 1-71). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

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

พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม, และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กับแบบปกติ. *วารสาร ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *9*(ฉบับพิเศษ), 401-418.

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์. (2561). การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณ. ใน *ประมวลสารชุดวิชาวิทยานิพนธ์ ขั้น 2* (พิมพ์ครั้งที่ 5, หนวยที่ 6, น. 1-57). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ไพศาล วรคำ. (2561). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). ตักศิลาการพิมพ์.

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

ลัดดาวัลย นางประโคน. (2560). *การจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ในชั้นเรียนวิทยาศาสตรของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปที่ 2* [วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต ไมไดตีพิมพ]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ. (2565). อัตลักษณ์ด้านสะเต็ม: อีกปัจจัยหนึ่งที่จะส่งเสริมความสำเร็จของสะเต็มศึกษาในประเทศไทยวิทยาลัยการศึกษา. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา 5*(1), 148-157.

วรรณพร สิงห์บุญ. (2562). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสะตีมศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มโรงเรียนปู่เจ้าสมิงพราย จังหวัดสมุทรปราการ* [วิทยานิพนธ์ปริญญา-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2557). การประเมินหลักสูตรและการเรียนการสอน. ใน *ประมวลสารชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์* (หน่วยที่ 5, น. 1-63). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). *ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2565). สะเต็มศึกษา เพื่อการดำรงชีวิตที่ยั่งยืน. *นิตยสาร สสวท., 50*(236), 5-10.

ศักดิ์สกุล คลังชะนัง (2559) *ผลการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ผ่านชิ้นงาน เรื่อง ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ: แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2557). *สะเต็มศึกษา*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2558). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม ช่วงชั้นที่ 1-ช่วงชั้นที่ 4*. สกสค ลาดพร้าว.

_____. (2559). *คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา (ม.1-ม.6).* สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2560). *คู่มือการประกวดโครงงานสะเต็มศึกษา*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมคิด พรมจุ้ย. (2564). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7, หน่วยที่ 13, น. 2-118). สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สะอาด พลซื่อ และขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี: มิติใหม่ครูไทย 4.0. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, *21*(1), 21-45.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2564). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ธนาเพรส.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*. พริกหวานกราฟฟิค.

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์, ธิติยา บงกชเพชร, และชมพูนุช วรางคณากูล. (2561) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 13*(37) มกราคม–เมษายน 2561, 119-132.

สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*., *10*(2), 13-34.

สุธิดา การีมี. (2561). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา ตอนที่ 2. *นิตยสาร สสวท.*, *46*(210), 44 – 49.

สุพร สีเงินยวง. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จังหวัดสตูล* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*., *42*(186), 3-5.

_____. (2558). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท., 43*(192), 7-17.

สุวิทย์ มูลคำ. (2550). *กลยุทธ์...การสอนคิดสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ภาพพิมพ์.

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

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Anderson, J., & Tully, D. (2020). Designing and evaluating an integrated STEM professional development program for secondary and primary school teachers in Australia. In J. Anderson & Y. Li (Eds.), *Integrated approaches to STEM education. Advances in STEM education* (pp. 403–425). Cham: Springer.

Autid, W. (2017). *Mathematics teachers' classroom instruction after participating in a STEM education workshop in Thailand* [Unpublished doctoral dissertation]. Pennsylvania State University. https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/15672

Bloom, B. S. (Ed.), Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook I: The cognitive domain*. David McKay.

Bybee, R. W. (2020). *STEM education now more than ever: An interdisciplinary approach*. *Technology and Engineering Teacher, 80*(1), 30-35.

Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service. https://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf

Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw Hill.

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

Jho, H., Hong, O., & Song, J. (2016). An analysis of STEM/STEAM teacher education in Korea with a case study of two schools from a community of practice perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(7), 1843-1862. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1538a

Kind, P. M., & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges. *Science Education, 91*(3), 399–417.

Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. *AIP Conference Proceedings*. https://doi.org/10.1063/1.4941168

National Academy of Engineering. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academy Press.

OECD. (2022). *Thinking outside the box: The PISA 2022 creative thinking assessment*. OECD. https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/creative-thinking/pisa-2022-creative-thinking.html

Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). STEM-related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory and Practice, 14*(1), 309-322.

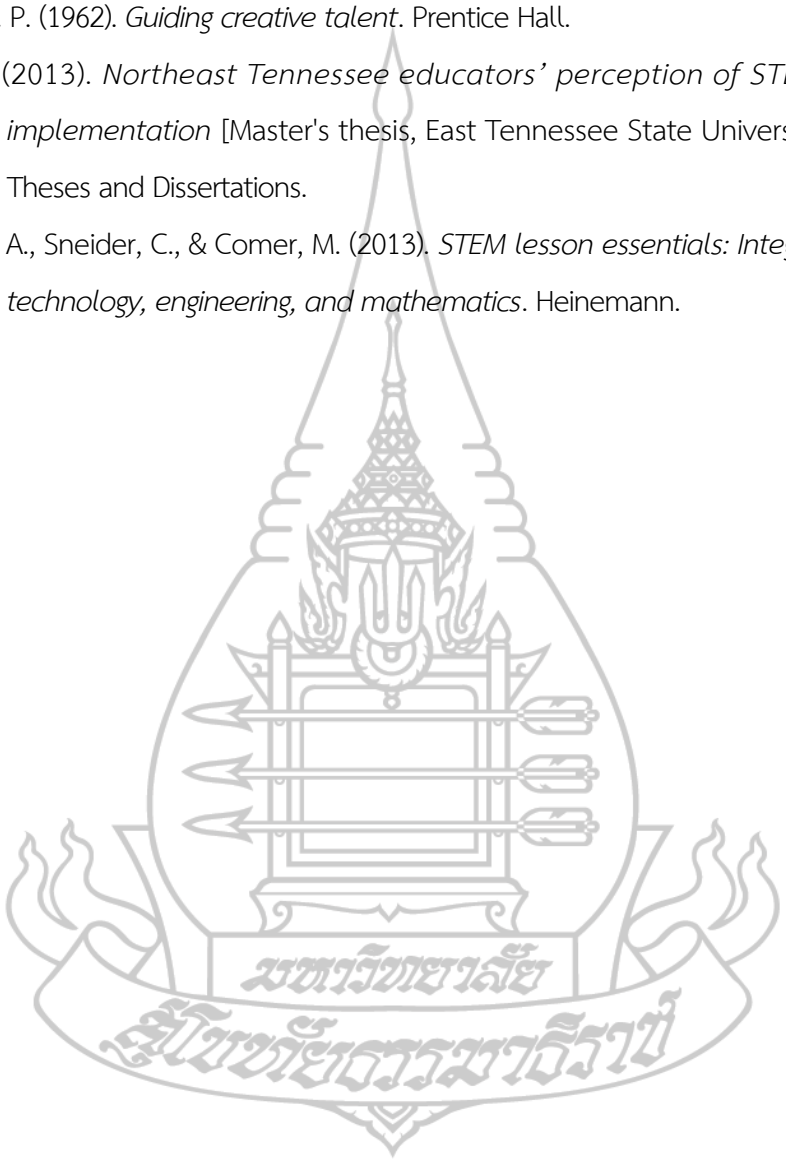
Scott, C. (2012). An investigation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) focused high schools in the U.S. *Journal of STEM Education, 13*(5), 30-39.

Thomas, D., & Kimbell, R. (2021). (Re) framing a philosophical and epistemological framework for teaching and learning in STEM: Emerging pedagogies for complexity. *British Educational Research Journal, 47*(3), 742–769.

Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Prentice Hall.

Turner, K. (2013). *Northeast Tennessee educators' perception of STEM education implementation* [Master's thesis, East Tennessee State University]. Electronic Theses and Dissertations.

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ชื่อ นางฉันทนา สุขน้อย

สถานที่ทำงาน	โรงเรียนสุไหงโกลก จังหวัดนราธิวาส
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) ฟิสิกส์ศึกษา มหาวิทยาบูรพา
ประสบการณ์หรือความชำนาญ	การสอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ปัจจุบันตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

2. ชื่อ นางวันดี ชนะบูรณาศักดิ์

สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยอาชีวศึกษากาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี
วุฒิการศึกษา	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) วิทยาศาสตร์ศึกษา (เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร
ประสบการณ์หรือความชำนาญ	การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
ปัจจุบันตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

3. ชื่อ นายศักดิ์สกุล คลังชะนัง

สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยการอาชีพสังขละ จังหวัดสุรินทร์
วุฒิการศึกษา	ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (ศษ.ม.) วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ประสบการณ์หรือความชำนาญ	การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
ปัจจุบันตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ แผนที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา แผนที่ 2

รหัสวิชา 20000-1302 **วิชา วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม**

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรง **เวลารวม 9 ชั่วโมง**

เรื่องย่อยที่ 2 สมดุลของแรง (แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ) **เวลา 5 ชั่วโมง**

---

1. สาระสำคัญ

สภาวะสมดุลของแรง เป็นสภาวะที่แรงไม่มีผลต่อวัตถุนั้นๆ เนื่องจากผลรวมของแรงมีค่าเป็นศูนย์ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมี 2 ลักษณะ คือ วัตถุหยุดนิ่งจะยังคงหยุดนิ่งต่อไป หรือถ้าวัตถุเคลื่อนที่อยู่ก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงเท่าเดิม ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน และสภาพสมดุลของวัตถุหรือเรียกว่า สมดุลกล สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

- สมดุลสถิต (static equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุขณะอยู่นิ่ง กล่าวคือ วัตถุใดๆ ก็ตามที่อยู่ในสภาพอยู่นิ่ง เมื่อมีแรงลัพธ์มากระทำแต่ผลรวมของแรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะยังคงสภาพอยู่นิ่งไว้ได้ เช่น วางขวดน้ำไว้บนโต๊ะแล้วขวดน้ำไม่ล้มหรือไม่ตกลงมา ตึกสามารถคงตัวอยู่นิ่งได้โดยไม่ถล่มลงมา เป็นต้น

- สมดุลจลน์ (kinetic equilibrium) เป็นสมดุลของวัตถุขณะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว กล่าวคือ วัตถุใดๆ ก็ตามที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่งเมื่อมีแรงลัพธ์มากระทำแล้ววัตถุก็ยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงเดิม ซึ่งการเคลื่อน มี 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เรียกว่า สมดุลต่อการเลื่อนที่ และการเคลื่อนที่แบบหมุนที่ความเร็วในการหมุนคงตัว เรียกว่า สมดุลต่อการหมุน เช่น รถยนต์วิ่งไปตามถนนด้วยความเร็วคงตัว โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยความเร็วคงตัว ล้อและเพลาที่หมุนรอบแกนด้วยอัตราการหมุนคงตัว เป็นต้น

2. สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสมดุลแรงได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์
2. ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมดุลของแรงในการออกแบบและสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไขผ่านกระบวนการเชิงวิศวกรรมที่โจทย์กำหนด
3. แสดงเจตคติและพฤติกรรมลักษณะนิสัย ในการปฏิบัติงานด้วยความรับผิดชอบ ซื่อสัตย์ ใฝ่รู้ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกความหมายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้ (K)
2. ระบุเหตุการณ์ที่สอดคล้องตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้ (K)
3. อธิบายสภาพสมดุลสถิตและสมดุลจลน์ของวัตถุได้ (K)

4. วิเคราะห์เกี่ยวกับจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุได้ถูกต้อง (K)

5. อธิบายลักษณะสมดุลของแรง สมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุนได้ (K)

6. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัตถุกับตำแหน่งศูนย์ถ่วงได้ถูกต้อง (K)

7. นำหลักการสมดุลของแรงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (K)

8. ระบุปัญหาจากสถานการณ์สะพานข้ามแม่น้ำที่ครูกำหนดให้ได้ อย่างมีวิจารณญาณ (K)

9. สืบค้นและรวบรวมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ จากสื่อสิ่งพิมพ์หรือสื่อออนไลน์ได้ (P)

10. ออกแบบแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับแรงและชนิดของแรงให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดได้อย่างมีเหตุผลและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น (P)

11. วางแผนและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ โดยใช้วัสดุ-อุปกรณ์ที่เลือกและออกแบบไว้ได้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างระมัดระวัง (P)

12. ทดสอบ ประเมินประสิทธิผล และปรับแก้ แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดได้อย่างรอบคอบ (P)

13. นำเสนอแบบจำลองแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ผลทดสอบและประเมินประสิทธิผลของแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำได้ (P)

14. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ (A)

15. มีความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ มีเหตุผล เพียรพยายาม ละเอียดรอบคอบ ซื่อสัตย์ และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

4. สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของสมดุลของแรง
   - สมดุลสถิต
   - สมดุลจลน์
2. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน
3. จุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วง
4. สมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุน
5. เสถียรภาพของวัตถุ
6. ประโยชน์ของสมดุลของแรงในชีวิตประจำวันได้

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (20 นาที)

1. ครูเปิดคลิป สะพานถล่ม จาก https://www.youtube.com/watch?v=jtNJP-0jsNg&t=19s จากนั้นถามนักเรียน ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้สะพานพังถล่มลงมา เกิดจากเหตุอะไรบ้าง (แนวคำตอบ สะพานมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและขาดการซ่อมบำรุง, โครงสร้างฐานสะพานไม่แข็งแรง, การออกแบบที่ผิดพลาด , สะพานเสียสมดุลจากแรงธรรมชาติ , การกระจายน้ำหนักไม่สมดุล)

- นักเรียนเห็นสะพานในคลิปแล้ว สะพานแต่ละที่เหมือนกันหรือไม่ (แนวคำตอบ ไม่)

- ลักษณะของสะพานเป็นแบบใดบ้าง (แนวคำตอบ สะพานที่เป็นแบบเสาค้ำยันรับน้ำหนักด้านใต้ทั้งหมดโครงสร้างแบบเรียบ และโครงสร้างเหล็กถักสามเหลี่ยมบนเสาหลัก สะพานที่เป็นแบบเสาค้ำยันรับน้ำหนักด้านใต้แต่มีเสาด้านข้างทำให้สูงกว่าตัวสะพานและมีการยึดโครงสร้างจากยอดเสา สะพานแขวนแบบสายเคเบิลแขวนรับน้ำหนักพื้นสะพานระหว่างเสา สะพานแขวนแบบโค้ง)

- นักเรียนคิดว่าในการสร้างสะพานให้มีความปลอดภัย ต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง (แนวคำตอบ น้ำหนักที่สะพานจะรับได้ ความแข็งแรงของโครงสร้าง เสาและพื้นสะพาน แรงที่กระทำต่างๆ ต่อสะพาน ความสมดุลของสะพาน)

2. นักเรียน แบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 - 5 คน โดยคละความสามารถ ด้วยการจับฉลาก

3. นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาจากใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

สถานการณ์ : บริษัทรับเหมาแห่งหนึ่งได้รับงานสร้างสะพานข้ามแม่น้ำ ผู้ว่าจ้างต้องการให้การสร้างสะพานมีความแข็งแรง รับน้ำหนักได้เยอะ และปลอดภัย เพื่อใช้สัญจรไปมา จึงต้องการให้ทีมวิศวกรของบริษัท สร้างแบบจำลองของสะพานมาให้ดูก่อน โดยกำหนดข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ คือ รูปแบบสะพานเป็นแบบใดก็ได้ โครงสร้างสะพานจะต้องมีความยาว 50 เซนติเมตร ความกว้างของสะพานไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร มีเสารับน้ำหนักได้เพียง 2 ต้น และต้องสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน จึงถือว่ามีความแข็งแรงและปลอดภัย

สมมุติให้นักเรียนเป็นทีมวิศวกรของบริษัท จงออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว

4. นักเรียนศึกษาสถานการณ์แล้วร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขหรือข้อจำกัด โดยเขียนไว้เป็นข้อ ๆ ลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ข้อที่ 1

(แนวคำตอบ ปัญหา/เงื่อนไข/ข้อจำกัดจากใบกิจกรรม)

- สร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ
- โครงสร้างสะพานจะต้องมีความยาว 50 เซนติเมตร
- ความกว้างของสะพานไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร
- เสารับน้ำหนักมีเพียง 2 ต้น
- สามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (1 ชั่วโมง 30 นาที)

5. ครูทำกิจกรรมสาธิตการวางขวดน้ำบนโต๊ะ ให้นักเรียนสังเกตพร้อมกัน และใช้คำถามกับนักเรียน ดังนี้

- ครูวางขวดน้ำบนโต๊ะ ขวดน้ำที่วางไว้เป็นอย่างไร (แนวคำตอบ อยู่นิ่ง)
- ครูใช้นิ้วดันขวดทางด้านซ้าย ขวดน้ำที่วางไว้เป็นอย่างไร (แนวคำตอบ ขวดน้ำล้ม)
- นักเรียนคิดว่าทำไมขวดน้ำจึงล้ม (แนวคำตอบ เพราะมีแรงดันขวดน้ำ)
- ถ้าครูต้องการให้ขวดน้ำอยู่นิ่ง ๆ ในขณะที่ครูใช้นิ้วดันขวดน้ำด้านซ้าย ครูควรทำอย่างไร (แนวคำตอบ ต้องใช้นิ้วดันขวดน้ำด้านขวาหรือทิศตรงกันข้ามด้วยแรงเท่า ๆ กัน)
- ในครั้งที่แล้วนักเรียนหาแรงลัพธ์ของแรงในแนวเดียวกันไปแล้ว กรณีขวดน้ำที่โดนดันฝั่งตรงข้ามกันด้วยแรงเท่ากัน แรงลัพธ์จะมีค่าเท่าไร (แนวคำตอบ เท่ากับ 0)
- ขวดน้ำอยู่นิ่ง ในขณะที่มีแรงกระทำ นักเรียนคิดว่าขวดน้ำนี้อยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ (แนวคำตอบ อยู่ในสภาพสมดุล)

6. ครูถามเปรียบเทียบกับสะพานข้ามแม่น้ำ ในขณะที่มีรถวิ่งไปมามีแรงกระทำต่อสะพาน แต่สะพานยังอยู่นิ่ง แสดงว่าสะพานอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ เพราะอะไร (แนวคำตอบ อยู่ในสภาพสมดุล เพราะ ถึงจะมีแรงที่รถกระทำต่อสะพานแต่ก็มีแรงที่สะพานกระทำกลับด้วยขนาดของแรงเท่า ๆ กัน แรงลัพธ์จึงมีค่าเป็น 0 เสมือนไม่มีแรงมากระทำ)

7. ครูชวนคุยเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนาฬิกาและดวงจันทร์ และใช้คำถาม ดังนี้

- เข็มวินาทีของนาฬิกาหมุนครบ 1 รอบใช้เวลาเท่าไร นักเรียนคิดว่าการหมุนแต่ละรอบมีความเร็วเท่ากันหรือไม่ (แนวคำตอบ 1 รอบใช้เวลา 60 วินาที แต่ละรอบมีความเร็วเท่ากัน เพราะหมุนที่ระยะรอบเดิมและใช้เวลาเท่าเดิม)
- ดวงจันทร์โคจรรอบโลก 1 รอบใช้เวลาเท่าไร นักเรียนคิดว่าการหมุนแต่ละรอบมีความเร็วเท่ากันหรือไม่ (แนวคำตอบ 1 รอบใช้เวลา 24 ชั่วโมง แต่ละรอบมีความเร็วเท่ากัน เพราะหมุนที่ระยะรอบเดิมและใช้เวลาเท่าเดิม)
- นักเรียนคิดว่าการเคลื่อนที่ของนาฬิกากับดวงจันทร์ นักเรียนคิดว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ (แนวคำตอบ อยู่ในสภาพสมดุล)

8. ครูถามเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุป ดังนี้

- จากกิจกรรมและที่ครูถามไปสภาพสมดุลที่นักเรียนตอบมีได้กี่ลักษณะ อะไรบ้าง (แนวคำตอบ 2 ลักษณะ คือ หยุดนิ่ง กับ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่)
- สภาพสมดุล เกิดขึ้นเมื่อแรงลัพธ์มีค่าเท่าไร (แนวคำตอบ แรงลัพธ์ เท่ากับ 0)

9. นักเรียนสรุปความหมายของสมดุล โดยครูให้นักเรียนอาสาตอบ ครูชื่นชมนักเรียนที่ลุกตอบความหมายของสมดุล กรณีใจความไม่ครบถ้วน ครูให้นักเรียนอาสาตอบเพิ่มเติม และครูช่วยเสริมให้เกิดความถูกต้องสมบูรณ์

10. ครูอธิบาย เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน และประเภทสมดุลกล คือ สมดุลสถิต และสมดุลจลน์ โดยใช้ Power Point

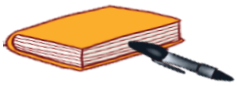
11. ครูถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ว่าจากตัวอย่างของสะพานและดวงจันทร์ กรณีใดอยู่ในสมดุลสถิต (แนวคำตอบ สะพาน) กรณีใดอยู่ในสมดุลจลน์ (แนวคำตอบ ดวงจันทร์) ทำไมถึงคิดเช่นนั้น (แนวคำตอบ สะพานเป็นสมดุลสถิต เพราะสะพานอยู่นิ่ง และดวงจันทร์เป็นสมดุลจลน์ เพราะ มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และแบบหมุนด้วยความเร็วคงตัวไปพร้อม ๆ กัน)

12. ครูให้นักเรียนเล่นเกม ลุกยืนตัวตรง โดยครูแจ้งกติกาว่า นักเรียนต้องนั่งบนเก้าอี้ให้ตัวตรง วางขาให้ตรงเข่าตั้งฉากกับพื้น เอามือกอดอก แล้วให้นักเรียนลุกขึ้นยืน โดยไม่เอนตัว ไม่ขยับขา ถ้านักเรียนคนใดลุกได้ จะได้รับรางวัลจากครู

13. เมื่อนักเรียนทุกคนนั่งตามที่ครูบอกแล้ว ครูบอกนักเรียนทั้งหมดลุกขึ้นยืน ซึ่งจะปรากฏว่าไม่มีใครลุกขึ้นยืนได้ ครูให้ทำซ้ำอีกครั้ง เพื่อสร้างความสงสัย และครูใช้คำถามทิ้งท้ายว่า ทำไมนักเรียนถึงลุกขึ้นยืนไม่ได้ แล้วถ้าต้องการลุกขึ้นยืนได้ต้องทำอย่างไร เพราะอะไร โดยไม่ได้เรียกให้นักเรียนตอบ

14. นักเรียนศึกษาความรู้ด้วยตนเองเพื่อค้นหาคำตอบ โดยให้นักเรียนจับคู่กันทำกิจกรรมใบกิจกรรม 2.2 เรื่องสมดุลของวัตถุและศูนย์กลางมวล โดยศึกษาข้อมูลความรู้จากตอนที่ 1 และทำกิจกรรมตอนที่ 2 ซึ่งเป็นการนำหนังสือออกมาวาง แล้วให้ใช้ปากกาค่อย ๆ ดันตำแหน่งต่างๆ ดังรูป

1



2

3

จากนั้นให้นักเรียนสังเกต บันทึกข้อมูล ในและตอบคำถามในใบกิจกรรม 2.2

15. นักเรียนร่วมอภิปรายข้อโต้แย้งถึงสภาพสมดุลกับไม่สมดุลของการออกแรงดันหนังสือตามรูปที่ 2 และรูปที่ 3 และร่วมกันหาข้อสรุปของกิจกรรม

16. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปลักษณะของสมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และจุดศูนย์กลางมวล จากใบกิจกรรมร่วมกันอีกครั้งเพื่อสะท้อนความเข้าใจ จากนั้นให้ตอบคำถามในบะกิจกรรมที่ 2.2 ในส่วนคำถามการประยุกต์ใช้

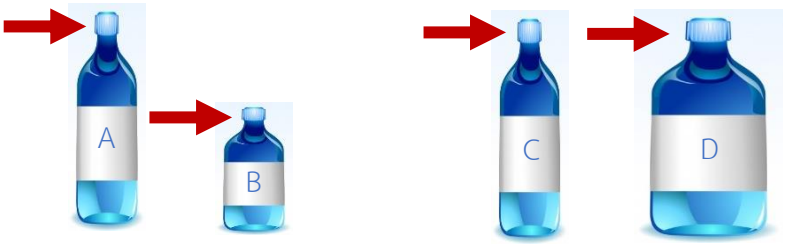
17. ครูให้นักเรียนดูรูปรถขนของ ดังรูป

18. ครูให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่า

- รถเหล่านี้อยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ (แนวคำตอบ ตอนที่จอดนิ่งอยู่ในสมดุล ตอนขับไม่อยู่ในสภาพสมดุล)

- นักเรียนคิดว่าถ้าเทียบกับรถปกติที่ไม่บรรทุกของเช่นนี้โอกาศที่รถจะเกิดอุบัติเหตพลิกคว่ำเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ มีโอกาสมากกว่ารถทั่วไป เพราะ บรรทุกเยอะและสูงจนเสียสมดุลได้ขณะขับเร็วหรือเลี้ยว)

19. ครูเอาขวดน้ำออกมาวางที่โต๊ะสาธิต ดังรูป จากนั้นถามนักเรียนว่าถ้าเราออกแรงเท่ากันผลักที่ตำแหน่งฝาขวดจะเกิดอะไรขึ้น ขวดไหนจะล้มก่อนกัน (แนวคำตอบ ชุดที่ 1 ขวด A ล้มก่อนขวด B ชุดที่ 2 ขวด C ล้มก่อนขวด D นักเรียนอาจตอบผิดหรือถูก)



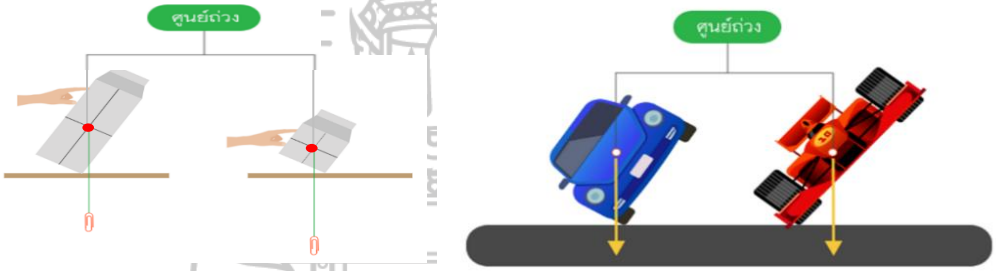
20. ครูขออาสาสมัครออกมาสาธิตการผลักขวดน้ำให้เพื่อนดู ซึ่งจะพบว่า ชุดที่ 1 ขวด A ล้มก่อนขวด B ชุดที่ 2 ขวด C ล้มก่อนขวด D นักเรียนคิดว่าอะไรมีผลให้การล้มของขวดเป็นเช่นนั้น (แนวคำตอบ ชุดที่ 1 ฐานขวดเท่ากัน แต่ขวด A ล้มก่อน เพราะขวด A สูงกว่าขวด B... ส่วนชุดที่ 2 ความสูงขวดเท่ากัน ขวด C ล้มก่อน เพราะขวด C ฐานเล็กกว่าขวด D)

21. ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง ศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ และอนุญาตให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ เช่น หนังสือเรียน หรือแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เป็นต้น

22. นักเรียนร่วมอภิปรายความหมายหรือลักษณะของจุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ

23. ครูถามนักเรียนต่อว่า จากที่นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่องจุดศูนย์ถ่วง และเสถียรภาพของวัตถุ นักเรียนคิดว่าการล้มของวัตถุเกี่ยวข้องกับดศูนย์ถ่วง และเสถียรภาพของวัตถุหรือไม่อย่างไร (ซึ่งนักเรียนอาจเชื่อมโยงได้หรือยังเชื่อมโยงไม่ได้)

24. ครูเปิดภาพจาก Power Point ให้นักเรียนดูเพิ่มเติม



ถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนร่วมอภิปราย และหาข้อสรุปว่า

- จากรูปนักเรียนสังเกตเห็นอะไร อย่างไร (แนวคำตอบ จุดศูนย์ถ่วงของกล่องที่สูงไม่เท่ากัน แต่ฐานเท่ากัน กล่องที่สูงกว่าจุดศูนย์ถ่วงจะสูงกว่า เมื่อผลักเอียงเท่ากัน ขวดที่สูงกว่าจุดศูนย์ถ่วงจะอยู่นอกฐาน ส่วนขวดที่เตี้ยกว่าจุดศูนย์ถ่วงยังคงอยู่ในฐาน และสำหรับของรถจุดศูนย์ถ่วงจะสูงเท่ากัน แต่ฐานกว้างไม่เท่ากัน โดยรถที่ฐานแคบกว่าเมื่อเอียงฐานจุดศูนย์ถ่วงจะอยู่นอกฐาน ในขณะที่รถที่ฐานกว้างกว่าจุดศูนย์ถ่วงจะคงอยู่ภายในฐาน)

- นักเรียนสังเกตรู้ได้อย่างไรว่าจุดศูนย์ถ่วงอยู่ในฐานหรือนอกฐาน (แนวคำตอบ ดูจากเส้นตั้งฉากที่ลากจุดศูนย์ถ่วงไปถึงฐาน)

- โดยสรุปแล้วนักเรียนคิดว่าปัจจัยที่ทำให้วัตถุมีเสถียรภาพมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอะไร (แนวคำตอบ ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง โดยจุดศูนย์ถ่วงต่ำกว่าจะมีสเถียรภาพมากกว่า และขนาดของฐาน โดยวัตถุที่มีขนาดฐานกว้างกว่าจะมีเสถียรภาพมากกว่า โดยที่จุดศูนย์ถ่วงต้องอยู่ภายในฐานด้วยวัตถุจึงจะมีเสถียรภาพและไม่ล้ม)

25. ครูถามเชื่อมโยงกลับไปถึงตอนที่นักเรียนเล่นเกม ลุกยืนตัวตรง ว่า ถ้าต้องการให้ลุกขึ้นยืนได้จะต้องทำอย่างไร (แนวคำตอบ หากต้องการลุกขึ้นยืน ก็ต้องเลื่อนขาไปใต้เก้าอี้หรือโน้มตัวไปหน้าเพื่อให้ฐานของเราอยู่ใต้จุดศูนย์ถ่วงหรือให้จุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐาน)

26. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของจุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ (แนวคำตอบ จุดศูนย์ถ่วง (center of gravity, C.G.) คือ จุดที่แรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุ เป็นจุดเสมือนเป็นที่รวมของน้ำหนักของวัตถุ โดยวัตถุจะมีสเถียรภาพก็ต่อเมื่อตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐานของวัตถุนั้น สามารถพิจารณาปัจจัยที่ทำให้วัตถุมีเสถียรภาพมากหรือน้อยได้ 2 ปัจจัย คือ ความสูงของวัตถุ กับ ขนาดของฐานของวัตถุ)

27. นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ

28. ครูทบทวนสถานการณ์การสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ในใบกิจกรรมที่ 1 แล้วแจ้งนักเรียนว่าวันนี้เราจะมาสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำกัน และแจ้งรายการอุปกรณ์ กติกาต่าง ๆ และเน้นเรื่องการทำงานอย่างร่วมมือและปลอดภัย

29. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ว่าในการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ นักเรียนต้องประยุกต์ใช้แนวคิดหรือองค์ความรู้เกี่ยวกับด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์อะไรบ้าง (แนวคำตอบ ด้านวิทยาศาสตร์ เช่น สมดุลของวัตถุ แรงโน้มถ่วงของโลก การรับน้ำหนัก สเถียรภาพของวัตถุ... ด้านเทคโนโลยี เช่น รูปแบบสะพาน การสืบค้นข้อมูล การเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ที่เหมาะสม. ด้านวิศวกรรม เช่น การออกแบบและสร้าง ภายใต้ข้อจำกัดเงื่อนไข การทดสอบผลการทำงาน การปรับแก้ไข. ด้านคณิตศาสตร์ เช่น รูปทรง ขนาดโครงสร้าง ขนาดชิ้นงาน การคำนวณสมดุล)

30. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำการสืบค้นเพื่อศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นแนวคิดหรือองค์ความรู้ที่นักเรียนจะประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ในการสร้างชิ้นงานที่โจทย์กำหนด โดยเขียนตอบในใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ข้อที่ 2

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (20 นาที)

31. ครูชี้แจงให้นักเรียนทราบว่า วิธีการทดสอบการใช้งานที่จุดทดสอบ เมื่อนักเรียนสร้างเสร็จและมีการให้คะแนน ตามเงื่อนไข จากนั้น ให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนรับอุปกรณ์ที่เตรียมไว้ให้ กลุ่มละ 1 เซต ดังนี้ กระดาษลัง ไม้ลูกชิ้น ไม้ไอติม เชือก ดินน้ำมัน กาว เทปใส สายวัด กรรไกร มีดคัตเตอร์

32. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบโดยการวาดแบบร่างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ โดยเลือกแบบที่กลุ่มคิดว่าเหมาะสมที่สุด อธิบายรูปทรง ชิ้องค์ประกอบแต่ละตำแหน่ง พร้อมทั้งระบุรายการวัสดุที่นำมาสร้างจากอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ ลงในใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ข้อที่ 3 โดยครูสังเกตการณ์แต่ละกลุ่มและให้คำแนะนำเพิ่มเติมในกรณีที่นักเรียนขาดประเด็นสำคัญในการออกแบบ

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (1 ชั่วโมง 30 นาที)

33. ครูย้ำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการใช้วัสดุให้สอดคล้องเหมาะสมกับการใช้งานและการใช้อย่างประหยัด ย้ำให้ใช้อุปกรณ์ต่างๆอย่างระมัดระวังเพื่อความปลอดภัย และย้ำให้ประเมินเวลาในการสร้างแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสม

34. นักเรียนวางแผนลำดับขั้นตอนการสร้างให้สอดคล้องกับหลักสมดุลกล จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในการดำเนินการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ และบันทึกขั้นตอนการสร้างลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ข้อที่ 4 แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

35. ครูติดตาม ตรวจสอบการทำงานของแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด โดยมีการสังเกตและประเมินผลการปฏิบัติงานกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง (40 นาที)

36. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำที่สร้างเสร็จแล้ว โดยให้มารับถุงทรายน้ำหนักขนาด 5 นิวตัน ไปทดสอบวางหรือแขวนกับแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ และให้นักเรียนประเมินว่าสามารถสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำได้ตามเป้าหมายและเงื่อนไขที่ต้องการหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามเป้าหมายและเงื่อนไข ให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ภายในเวลา 20 นาที และบันทึกการปรับปรุงแก้ไขในใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ข้อที่ 5

37. ครูและนักเรียนร่วมทำการทดสอบชิ้นงาน จริงของแต่ละกลุ่ม เพื่อประเมินการผลงาน

38. ครูแจ้งว่าในการประเมินเบื้องต้นผ่านเกณฑ์ คือ สะพานที่รับน้ำหนักได้ 50 นิวตัน จากนั้นเราจะให้เพิ่มน้ำหนักไปเรื่อย ๆ เพื่อเป็นการประกวดแข่งขันแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำที่รับน้ำหนักได้มากที่สุด โดยกลุ่มใดสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำที่สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดจะได้รับรางวัลพิเศษจากกิจกรรมนี้

39. นักเรียนบันทึกผลการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตนเอง และร่วมประเมินผลคะแนนชิ้นงานกลุ่มเพื่อน ๆ ไปพร้อมกับครู

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา (40 นาที)

40. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำตามสถานการณ์ที่ได้รับ โดยนำเสนอแนวคิดองค์ความรู้ (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์) ขั้นตอนการออกแบบและสร้าง และผลลัพธ์ที่ได้ โดยครูเปิดโอกาสให้มี การซักถาม และแนะนำข้อบกพร่องไปใช้แก้ไขในการทำงานครั้งต่อไป

41. ครูพูดชื่นชมนักเรียนทุกกลุ่ม และมอบรางวัลให้กับกลุ่มที่สร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำและสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด

42. นักเรียนสรุปผลการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้ โดยมีประเด็นดังนี้

- เรื่องที่เรียนวันนี้คือ เรื่องอะไร

- นักเรียนได้เรียนรู้อะไรใหม่ ๆ เพิ่มเติมจากความรู้เดิมบ้าง
- กิจกรรมการเรียนการสอนช่วงใด ที่นักเรียนชอบ เพราะอะไร
- กิจกรรมการเรียนการสอนช่วงใด ที่นักเรียนไม่ชอบ เพราะอะไร และอยากให้ปรับเปลี่ยนอย่างไร
- การทำงานกลุ่มมีความร่วมมือกันดีหรือไม่ หรือมีปัญหากันหรือไม่ อย่างไร และนักเรียนแก้ไขปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

6. สื่อการเรียนรู้

6.1 วิดีทัศน์ เรื่อง สะพานถล่ม

6.2 ขวดน้ำทดลอง เรื่อง สมดุลและเสถียรภาพของวัตถุ

6.3 หนังสือ - ปากกาทดลอง เรื่อง การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่และแบบหมุน

6.4 เกม ลุกยืนตัวตรง

6.5 Power Point เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของ นิวตัน

6.6 Power Point เรื่อง สมดุลกล (สมดุลสถิต และสมดุลจลน์)

6.7 Power Point เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ

6.8 ใบความรู้ เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล

6.9 ใบความรู้ เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ

6.10 ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

6.11 ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล

6.12 ใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ

6.13 หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาอาชีพช่างอุตสาหกรรม

6.14 วัสดุ - อุปกรณ์ ในการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ประกอบด้วย

วัสดุ	อุปกรณ์
1. กระดาษลัง / ฟิวเจอร์บอร์ด	1. กรรไกร 1 ด้าม
2. ไม้ลูกชิ้น	2. มีดคัตเตอร์ 1 อัน
3. ไม้ไอติม	3. สายวัด
4. เชือก	4. กาวลาแทก
5. ดินน้ำมัน	5. ปืนยิงกาว 1 อัน
6. สก๊อตเทปใส	6. กาวแท่ง

7. การวัดและการประเมินผล

7.1 ด้านความรู้ (K)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. บอกความหมายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้ 2. ระบุเหตุการณ์ที่สอดคล้องตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันได้ 3. อธิบายสภาพสมดุลสถิตและสมดุลจลน์ของวัตถุได้ 4. วิเคราะห์เกี่ยวกับจุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุได้ถูกต้อง 5. อธิบายลักษณะสมดุลของแรงสมดุลต่อการเลื่อนที่และสมดุลต่อการหมุนได้ 6. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพของวัตถุกับตำแหน่งศูนย์ถ่วงได้ถูกต้อง	- สังเกตจากการตอบคำถามในห้องเรียน - ตรวจใบกิจกรรม - ประเมินผลหลังเรียน	- ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล - ใบกิจกรรมที่ 2.3 เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ - แบบทดสอบหลังเรียน	- อยู่ในระดับดีขึ้นไป - ผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 70
7. นำหลักการสมดุลของแรงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 8. ระบุปัญหาจากสถานการณ์สะพานข้ามแม่น้ำที่ครูกำหนดให้ได้ อย่างมีวิจารณญาณ	- ประเมินผลการทำใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ	- ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่องแบบ จำลองสะพานข้ามแม่น้ำ	

7.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
9. สืบค้นและรวบรวมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ จากสื่อสิ่งพิมพ์หรือสื่อออนไลน์ได้ 10. ออกแบบแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับแรงและชนิดของแรง ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดได้อย่างมีเหตุผลและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น 11. วางแผนและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ โดยใช้วัสดุ-อุปกรณ์ที่เลือกและออกแบบไว้ได้เป็นลำดับขั้นตอนอย่างระมัดระวัง 12. ทดสอบ ประเมินประสิทธิผลและปรับแก้ แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดได้อย่างรอบคอบ 13. นำเสนอแบบจำลองแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ผลทดสอบและประเมินประสิทธิผลของแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำได้	- สังเกตพฤติกรรม - ประเมินผลการทำใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ - ประเมินคะแนนผลงานของกลุ่มตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	- ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ - ตารางประเมินคะแนนผลงานของกลุ่มตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมท้ายใบกิจกรรมที่ 2.1	- อยู่ในระดับดีขึ้นไป

7.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
14. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ 15. มีความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ มีเหตุผล เพียรพยายาม ละเอียดรอบคอบ ซื่อสัตย์และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	- สังเกตพฤติกรรม	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- อยู่ในระดับดีขึ้นไป

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ใบกิจกรรมที่ 2.1

สถานการณ์ แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อ-สกุล .....ห้อง/กลุ่ม.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล .....ห้อง/กลุ่ม.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล .....ห้อง/กลุ่ม.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล .....ห้อง/กลุ่ม.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหา เรื่อง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ร่วมกันวิเคราะห์และตอบคำถาม พร้อมทั้งออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ตามเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด

สถานการณ์ : บริษัทรับเหมาแห่งหนึ่งได้รับงานสร้างสะพานข้ามแม่น้ำ ผู้ว่าจ้างต้องการให้การสร้างสะพานมีความแข็งแรง รับน้ำหนักได้เยอะ และปลอดภัย เพื่อใช้สัญจรไปมา จึงต้องการให้ทีมวิศวกรของบริษัทสร้างแบบจำลองของสะพานมาให้ดูก่อน โดยกำหนดข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ คือ รูปแบบสะพานเป็นแบบใดก็ได้ โครงสร้างสะพานจะต้องมีความยาว 50 เซนติเมตร ความกว้างของสะพานไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร มีเสารับน้ำหนักได้เพียง 2 ต้น และต้องสามารถรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน จึงถือว่ามีความแข็งแรงและปลอดภัย

สมมุติให้นักเรียนเป็นทีมวิศวกรของบริษัท จงออกแบบและสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว

รายการวัสดุที่เลือกใช้ได้และราคาต่อหน่วย		อุปกรณ์
1. ฟิวเจอร์บอร์ด/กระดาษลัง	แผ่นละ 2 บาท	1. กรรไกร 1 ด้าม
2. ไม้ลูกชิ้น	อันละ 50 สตางค์	2. มีดคัตเตอร์ 1 อัน
3. ไม้ไอติม	คู่ละ 50 สตางค์	3. ไม้บรรทัด 1 อัน
4. เชือก	เมตรละ 1 บาท	4. ปืนยิงกาว 1 อัน
5. ดินน้ำมัน	ก้อนละ 1 บาท	5. กาวแท่ง 4 อัน
6. สก๊อตเทปใส	หลอดละ 50 สตางค์	6. สายวัด
7. กาว	ฝาละ 1 บาท	7. ถุงทราย

1. นักเรียนศึกษาสถานการณ์แล้วให้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขหรือข้อจำกัด โดยเขียนเป็นข้อ ๆ

   1.1 ปัญหา คือ .....

   .....

   .....

   1.2 เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ .....

   .....

   .....

   .....

   .....

2. ในการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ นักเรียนต้องประยุกต์ใช้แนวคิดหรือองค์ความรู้เรื่องใดบ้าง

   2.1 ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง .....

   .....

   .....

   2.2 ความรู้ด้านวิศวกรรม เรื่อง .....

   .....

   .....

   .....

   2.3 ความรู้ด้านเทคโนโลยี เรื่อง .....

   .....

   .....

   2.4 ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ เรื่อง .....

   .....

   .....

3. ให้นักเรียนออกแบบโดยการวาดแบบร่างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ ลงในกรอบสี่เหลี่ยมด้านล่างนี้ พร้อมชี้องค์ประกอบ และระบุรายการวัสดุที่นำมาสร้าง ภายใต้ต้นทุนโดยประหยัด

3.1 แบบร่าง แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

3.2 รายการวัสดุที่เลือกใช้ในการ แบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ

รายการวัสดุ	**ราคา**	**ใช้**	**ไม่ใช้**	**จำนวน**	**ราคารวม (บาท)**
1. ฟิวเจอร์บอร์ด/กระดาษลัง	แผ่นละ 2 บาท				
2. ไม้ลูกชิ้น	อันละ 50 สตางค์				
3. ไม้ไอติม	คู่ละ 50 สตางค์				
4. เชือก	เมตรละ 1 บาท				
5. ดินน้ำมัน	ก้อนละ 1 บาท				
6. สก๊อตเทปใส	หลอดละ 50 สตางค์				
7. กาว	ฝาละ 1 บาท				
รวมราคาทั้งสิน					

3.3 งบประมาณรวมที่ใช้ .....บาท

4. นักเรียนวางแผนการทำงานและขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำ โดยลำดับขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดสอบแบบจำลองสะพานข้ามแม่น้ำโดยนำสะพานวางพาดระหว่างโต๊ะวัดขนาดของสะพาน และทดลองวางถุงทรายน้ำหนักขนาด 5 นิวตัน บนสะพานโดยวางไปเรื่อย ๆ จนกว่าสะพานจะรับน้ำหนักต่อไม่ได้หรือจนกว่าจะหมดถุงทราย และบันทึกข้อมูลลงตารางบันทึกผลการทดสอบนี้

การทดสอบ	**ขนาดสะพาน (cm)**		**การรับน้ำหนัก (นิวตัน)**	**การปรับปรุงแก้ไข**
	กว้าง	**ยาว**		
ครั้งที่ 1				
ครั้งที่ 2				
ครั้งที่ 3				
ค่าเฉลี่ย				

6. ให้นักเรียนประเมินคะแนนผลงานของกลุ่มตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประเด็นต่อไปนี้

รายการประเมิน	**คะแนนประเมิน (นร.)**				**คะแนนประเมิน (ครู)**			
	4	3	2	1	4	3	2	1
1. วิเคราะห์ปัญหาและระบุเงื่อนไขตรงประเด็น								
2. บูรณาการแนวคิด STEM								
3. ร่างแบบชิ้นงานแปลกใหม่และเหมาะสม								
4. เลือกใช้วัสดุได้เหมาะสม อย่างประหยัด								
5. วางแผนและสร้างชิ้นงานตามขั้นตอน								
6. ทดสอบ ประเมินและการปรับแก้ชิ้นงานได้เหมาะสม								
7. ความสำเร็จของชิ้นงาน								
8. การนำเสนอผลงาน								
9. ความร่วมมือในการทำกิจกรรมของกลุ่ม								
คะแนนรวม								
รวมคะแนนที่ได้จาก 36 คะแนน								

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ใบกิจกรรมที่ 2.2

เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล

ชื่อ-สกุล.....สาขาวิชา/ห้อง.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลความรู้จากใบกิจกรรมตอนที่ 1 และทำการทดลองตามกิจกรรมตามที่กำหนด บันทึกข้อมูลการสังเกต และตอบคำถามให้ถูกต้องในตอนที่ 2

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนศึกษาความรู้ เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล (สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้)

1. สมดุลของแรง (Equilibrium of Forces) สมดุลของแรงเป็นสถานะที่แรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวัตถุมีผลรวมเป็นศูนย์

- **แรงลัพธ์ (Resultant Force) เป็นศูนย์** ในการเลื่อนที่ แรงทุกแรงที่กระทำในทุกทิศทางต้องหักล้างกันหมด
- **แรงบิดสุทธิเป็นศูนย์** ในการหมุน แรงบิดจากแรงต่าง ๆ ต้องหักล้างกัน

2. **สมดุลของแรง** สมดุลของแรงมี 2 ประเภท คือ

- **สมดุลสถิต** คือ สภาวะที่วัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนที่หรือการหมุน หรือกล่าวได้ว่า ผลรวมของแรงลัพธ์และแรงบิดสุทธิที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุไม่เคลื่อนที่ เช่น วัตถุที่วางอยู่บนพื้น
- **สมดุลจลน์** คือ สภาวะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนวเส้นตรง หรือหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ วัตถุไม่เปลี่ยนแปลงความเร็วหรือทิศทางการเคลื่อนที่ เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์ด้วยความเร็วคงที่บนถนนตรง (ไม่มีความเร่ง) การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

3. สมดุลของวัตถุ วัตถุสามารถอยู่ในสมดุลได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

- **สมดุลต่อการเลื่อนที่ (Translational Equilibrium)** เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ กล่าวคือไม่มีการเร่ง
- **สมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium)** เมื่อแรงบิดสุทธิที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุไม่หมุนหรือหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่

4. จุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass, C.M.) จุดศูนย์กลางมวล คือ จุดที่เปรียบเสมือนเป็นจุดรวมมวลของวัตถุทั้งก้อน และไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุ โดยทั่วไปจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ในเนื้อวัตถุ เช่น ในแท่งไม้หรือแท่งเหล็ก แต่ในบางกรณี เช่น วงแหวนหรือห่วง จุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่มีมวล คือ อยู่ที่กึ่งกลางของรูวงแหวน เป็นต้น

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนทดลองทำกิจกรรมนำหนังสือออกมาวาง แล้วให้ใช้ปากกาค่อยๆ ดันตำแหน่งต่างๆ ดังรูป บันทึกข้อมูลตามที่สังเกตได้ และตอบคำถามต่อไปนี้

1 2 3

เมื่อดันหนังสือตามรูปที่ 1

- หนังสือมีลักษณะเป็นอย่างไร .....
- ลักษณะแบบนี้แสดงว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ .....
- เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นเช่นนั้น .....

.....

.....

เมื่อดันหนังสือตามรูปที่ 2

- หนังสือมีลักษณะเป็นอย่างไร .....
- ลักษณะแบบนี้แสดงว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ .....
- เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นเช่นนั้น .....

.....

.....

เมื่อดันหนังสือตามรูปที่ 3

- หนังสือมีลักษณะเป็นอย่างไร .....
- ลักษณะแบบนี้แสดงว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ .....
- เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นเช่นนั้น .....

.....

.....

ข้อสรุปเกี่ยวกับการกระทำของแรงต่อสมดุลของวัตถุจากการทดลองดันหนังสือ คืออะไร

.....

.....

.....

คำถามการประยุกต์ความรู้เพิ่มเติม

1. เหตุใดการออกแบบสะพานแขวนต้องการคำนวณจุดศูนย์กลางมวลของสะพานและการกระจาย

.....

.....

.....

.....

2. เหตุใดการออกแบบตึกสูงจึงต้องพิจารณาจุดศูนย์กลางมวลเป็นปัจจัยสำคัญในการต้านทานแรงลม

.....

.....

.....

.....

3. ในกิจกรรมการเล่นไม้กระดก ของคนสองคนที่มีน้ำหนักต่างกันจะต้องนั่งห่างจากจุดศูนย์กลางไม้กระดกอย่างไรเพื่อให้เกิดสมดุล

.....

.....

.....

.....

4. การยืนบนปลายเท้า หรือการเดินบนส้นสูง เกี่ยวข้องกับศูนย์กลางมวลอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2.3

เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ

ชื่อ-สกุล.....สาขาวิชา/ห้อง.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้โดยการอ่านคำถามแต่ละข้ออย่างละเอียด และตอบคำถามตามความเข้าใจ

1. ศูนย์ถ่วงคืออะไร สัมพันธ์กับจุดศูนย์กลางมวลอย่างไร

.....

.....

.....

2. สเถียรภาพของวัตถุ หมายถึงอะไร

.....

.....

3. จงอธิบายว่าทำไมวัตถุที่มีฐานกว้างและจุดศูนย์ถ่วงต่ำ เช่น อาคารสูงหรือหอคอย จึงมีเสถียรภาพมากกว่าวัตถุที่มีฐานแคบ หรือจุดศูนย์ถ่วงสูง

.....

.....

.....

.....

4. การออกแบบรถยนต์ให้มีศูนย์ถ่วงต่ำ มีผลอย่างไร

.....

.....

.....

5. การออกแบบเก้าอี้ให้นั่งแล้วไม่ล้มง่าย เป็นการประยุกต์ใช้หลักสเถียรภาพอย่างไร

.....

.....

.....

6. เมื่อยืนสองขาบนพื้นเรียบกับยืนขาข้างเดียวบนเส้นแคบๆ มีผลต่อสเถียรภาพของร่างกายอย่างไร

.....

.....

.....

7. การทำให้ร่างกายสมดุลขณะเดินบนเส้นลวดบางๆ ต้องอาศัยหลักการอะไรบ้าง

.....

.....

.....

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.2

เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาข้อมูลความรู้จากใบกิจกรรมตอนที่ 1 และทำการทดลองตามกิจกรรมตามที่กำหนด บันทึกข้อมูลการสังเกต และตอบคำถามให้ถูกต้องในตอนที่ 2

ตอนที่ 1 ข้อมูลความรู้ เรื่อง สมดุลของวัตถุและจุดศูนย์กลางมวล (นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้)

1. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Newton's First Law of Motion)

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน หรือที่เรียกว่า "กฎความเฉื่อย" กล่าวว่า ถ้าวัตถุไม่ถูกแรงภายนอกมากระทำ วัตถุจะคงอยู่ในสภาวะที่หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในเส้นตรงต่อไป ตัวอย่างเช่น การที่รถยนต์หยุดกะทันหันแล้วผู้โดยสารรู้สึกถูกดึงไปข้างหน้า เป็นผลจากความเฉื่อยของร่างกายที่ต้องการคงสภาพการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะที่รถหยุด

2. สมดุลของแรง (Equilibrium of Forces) สมดุลของแรงเป็นสถานะที่แรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวัตถุมีผลรวมเป็นศูนย์

- **แรงลัพธ์เป็นศูนย์** ในการเลื่อนที่ แรงทุกแรงที่กระทำในทุกทิศทางต้องหักล้างกันหมด
- **แรงบิดสุทธิเป็นศูนย์** ในการหมุน แรงบิดจากแรงต่าง ๆ ต้องหักล้างกัน

3. สมดุลของแรง สมดุลของแรงมี 2 ประเภท คือ

- **สมดุลสถิต** คือ สภาวะที่วัตถุอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนที่หรือการหมุน หรือกล่าวได้ว่าผลรวมของแรงลัพธ์และแรงบิดสุทธิที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุไม่เคลื่อนที่ เช่น วัตถุที่วางอยู่บนพื้น

- **สมดุลจลน์** คือ สภาวะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนวเส้นตรง หรือหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่ วัตถุไม่เปลี่ยนแปลงความเร็วหรือทิศทางการเคลื่อนที่ เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์ด้วยความเร็วคงที่บนถนนตรง (ไม่มีความเร่ง) การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

4. สมดุลของวัตถุ วัตถุสามารถอยู่ในสมดุลได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

- **สมดุลต่อการเลื่อนที่ (Translational Equilibrium)** เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุไม่เคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ กล่าวคือไม่มีการเร่ง

- **สมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium)** เมื่อแรงบิดสุทธิที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้วัตถุไม่หมุนหรือหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุมคงที่

5. จุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass, C.M.) จุดศูนย์กลางมวล คือ จุดที่เปรียบเสมือนเป็นจุด รวมมวลของวัตถุทั้งก้อน และไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุ โดยทั่วไปจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ในเนื้อวัตถุ เช่น ในแท่งไม้หรือแท่งเหล็ก แต่ในบางกรณี เช่น วงแหวนหรือห่วง จุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ในตำแหน่งที่ไม่มีมวล คือ อยู่ที่กึ่งกลางของรูวงแหวน เป็นต้น

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนทดลองทำกิจกรรมนำหนังสือออกมาวาง แล้วให้ใช้ปากกาค่อยๆ ดันตำแหน่งต่างๆ ดังรูป บันทึกข้อมูลตามที่สังเกตได้ และตอบคำถามต่อไปนี้

1 2 3

เมื่อดันหนังสือตามรูปที่ 1

- หนังสือมีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ หนังสืออยู่นิ่ง ไม่เลื่อนที่ ไม่หมุน)
- ลักษณะแบบนี้แสดงว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ (แนวคำตอบ อยู่ในสภาพสมดุล)
- เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นเช่นนั้น (แนวคำตอบ เพราะแรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวล)

เมื่อดันหนังสือตามรูปที่ 2

- หนังสือมีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ หนังสือมีการเลื่อนที่ แต่ไม่หมุน)
- ลักษณะแบบนี้แสดงว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ (แนวคำตอบ ไม่อยู่ในสภาพสมดุลต่อการเลื่อนที่ แต่อยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน)
- เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นเช่นนั้น (แนวคำตอบ เพราะแรงกระทำผ่านจุดศูนย์กลางมวล)

เมื่อดันหนังสือตามรูปที่ 3

- หนังสือมีลักษณะเป็นอย่างไร (แนวคำตอบ หนังสือมีการหมุน แต่ไม่เลื่อนที่)
- ลักษณะแบบนี้แสดงว่าอยู่ในสภาพสมดุลหรือไม่ (แนวคำตอบ ไม่อยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน แต่อยู่ในสภาพสมดุลต่อการเลื่อนที่)
- เพราะเหตุใดจึงคิดว่าเป็นเช่นนั้น (แนวคำตอบ เพราะแรงกระทำไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล)

ข้อสรุปเกี่ยวกับการกระทำของแรงต่อสมดุลของวัตถุจากการทดลองดันหนังสือ คืออะไร

แนวคำตอบ สรุปการกระทำของแรงต่อสมดุลของวัตถุ ได้ 2 ประเด็น คือ

1. การรออกแรงผ่านจุดศูนย์กลางมวลจะทำให้วัตถุเลื่อนที่แต่ไม่หมุน
2. การออกแรงที่ไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลจะทำให้วัตถุหมุนแต่ไม่เลื่อนที่

คำถามการประยุกต์ความรู้เพิ่มเติม

1. เหตุใดการออกแบบสะพานแขวนต้องการคำนวณจุดศูนย์กลางมวลของสะพานและการกระจาย

แนวคำตอบ การคำนวณจุดศูนย์กลางมวลและการกระจายน้ำหนักเป็นสิ่งสำคัญมากในการสร้างสมดุลของสะพาน หากสะพานมีการกระจายน้ำหนักที่ไม่สมดุล จะเกิดการเคลื่อนที่หรือยุบลงได้

2. เหตุใดการออกแบบตึกสูงจึงต้องพิจารณาจุดศูนย์กลางมวลเป็นปัจจัยสำคัญในการต้านทานแรงลม

แนวคำตอบ จุดศูนย์กลางมวลที่ต่ำจะทำให้ตึกมั่นคงมากขึ้น เพราะการมีจุดศูนย์กลางมวลใกล้พื้นดินจะช่วยต้านทานแรงลมได้ดีขึ้น และลดโอกาสที่ตึกจะเอียงหรือล้มลงเมื่อลมแรง

3. ในกิจกรรมการเล่นไม้กระดก ของคนสองคนที่มีน้ำหนักต่างกันจะต้องนั่งห่างจากจุดศูนย์กลางไม้กระดกอย่างไรเพื่อให้เกิดสมดุล

แนวคำตอบ คนที่มีน้ำหนักมากกว่าจะต้องนั่งใกล้จุดศูนย์กลางมากกว่า เพราะการนั่งใกล้จุดศูนย์กลางจะทำให้เกิดแรงบิดน้อยลง ในขณะที่คนที่มีน้ำหนักน้อยกว่านั่งไกลจุดศูนย์กลางเพื่อเพิ่มแรงบิด จึงจะทำให้เกิดสมดุลระหว่างทั้งสองฝั่ง

4. การยืนบนปลายเท้า หรือการเดินบนส้นสูง เกี่ยวข้องกับศูนย์กลางมวลอย่างไร

แนวคำตอบ การยืนบนปลายเท้า หรือการเดินบนส้นสูงทำให้ศูนย์กลางมวลของร่างกายสูงขึ้นและฐานการรองรับแคบลง ร่างกายต้องใช้กล้ามเนื้อและการควบคุมที่มากขึ้นในการรักษาสมดุล เพื่อปรับศูนย์กลางมวลให้อยู่ในฐานรองรับ ส่งผลให้สเถียรภาพลดลง เสียสมดุลได้ง่าย และอาจเกิดการล้มขึ้น

เฉลยใบกิจกรรมที่ 2.3

เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงและเสถียรภาพของวัตถุ

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้โดยการอ่านคำถามแต่ละข้ออย่างละเอียด และตอบคำถามตามความเข้าใจ

1. ศูนย์ถ่วง คืออะไร สัมพันธ์กับจุดศูนย์กลาวมวลอย่างไร

แนวคำตอบ ศูนย์ถ่วง คือ จุดที่เสมือนแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อวัตถุทั้งหมดโดยปกติแล้วศูนย์ถ่วงและจุดศูนย์กลางมวลจะตรงกันในวัตถุที่มีมวลหนาแน่นสม่ำเสมอ แต่ในกรณีที่วัตถุมีการกระจายมวลไม่สม่ำเสมอ จุดทั้งสองอาจไม่ตรงกัน

2. สเถียรภาพของวัตถุ หมายถึงอะไร

แนวคำตอบ สเถียรภาพของวัตถุ หมายถึง ความสามารถของวัตถุในการรักษาตำแหน่งหรือสถานะของตนเองให้อยู่ในสมดุล เมื่อถูกกระทบด้วยแรงภายนอก

3. จงอธิบายว่าทำไมวัตถุที่มีฐานกว้างและจุดศูนย์ถ่วงต่ำ เช่น อาคารสูงหรือหอคอย จึงมีเสถียรภาพมากกว่าวัตถุที่มีฐานแคบ หรือจุดศูนย์ถ่วงสูง

แนวคำตอบ วัตถุที่มีฐานกว้างและจุดศูนย์ถ่วงต่ำจะมีเสถียรภาพมากกว่าเนื่องจากฐานที่กว้างจะช่วยให้มีระยะห่างมากขึ้นระหว่างขอบของฐานและจุดศูนย์ถ่วง เมื่อวัตถุเอนจุดศูนย์ถ่วงยังคงอยู่ภายในฐานรองรับ ซึ่งช่วยป้องกันการล้ม การมีจุดศูนย์ถ่วงต่ำจะช่วยลดโอกาสที่วัตถุจะเอียงหรือพลิกคว่ำได้ง่าย ในทางกลับกัน วัตถุที่มีฐานแคบหรือจุดศูนย์ถ่วงสูงมีโอกาสที่จะสูญเสียสมดุลและล้มได้ง่ายกว่า

4. การออกแบบรถยนต์ให้มีศูนย์ถ่วงต่ำ มีผลอย่างไร

แนวคำตอบ ทำให้รถมีความมั่นคงและปลอดภัยมากขึ้น ลดความเสี่ยงในการพลิกคว่ำ

5. การออกแบบเก้าอี้ให้นั่งแล้วไม่ล้มง่าย เป็นการประยุกต์ใช้หลักสเถียรภาพอย่างไร

แนวคำตอบ ทำให้ฐานของเก้าอี้กว้างขึ้นและทำให้ศูนย์ถ่วงต่ำลงเพื่อเพิ่มความมั่นคง

6. เมื่อยืนสองขาบนพื้นเรียบกับยืนขาข้างเดียวบนเส้นแคบ ๆ มีผลต่อสเถียรภาพของร่างกายอย่างไร

แนวคำตอบ การยืนสองขาบนพื้นเรียบทำให้มีสเถียรภาพมากกว่า เนื่องจากมีฐานรองรับกว้างกว่า

7. การทำให้ร่างกายสมดุลขณะเดินบนเส้นลวดบางๆ ต้องอาศัยหลักการอะไรบ้าง

แนวคำตอบ ร่างกายต้องกระจายน้ำหนักอย่างสมดุล และต้องการรักษาศูนย์ถ่วงของร่างกายให้อยู่ตรงกับฐานรองรับ นั่นคือ ตรงกับเส้นลวดมากที่สุด เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของร่างกาย นักเดินบนเส้นลวดมักจะโค้งตัวลง หรือกางแขนออก หรือถือเสายาว ๆ เพื่อช่วยลดศูนย์ถ่วงให้อยู่ใกล้กับเส้นลวด

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ชุดก่อนเรียน)
เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

1. ข้อใดไม่ใช่ความหมายของแรง
   ก. สิ่งที่สามารถเปลี่ยนอัตราเร็วของวัตถุ
   ข. สิ่งที่สามารถเปลี่ยนมวลของวัตถุ
   ค. สิ่งที่สามารถเปลี่ยนทิศทางของวัตถุ
   ง. สิ่งที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุ
2. นายจืด ผลักกำแพงแต่กำแพงไม่เคลื่อนที่ ข้อใดแสดงเหตุผลได้ถูกต้อง
   ก. แรงที่เสียดทานระหว่างนายจืดและกำแพง มีค่าเป็นศูนย์
   ข. แรงที่นายจืดผลักกำแพง มีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทาน
   ค. แรงที่นายจืดผลักกำแพง มีค่ามากกว่าแรงเสียดทาน
   ง. แรงที่นายจืดผลักกำแพง มีค่าเป็นศูนย์
3. ข้อใดกล่าวถึงแรงแม่เหล็กได้ถูกต้อง
   ก. เกิดแรงดึงดูดและแรงผลักกับสารบางชนิดได้
   ข. เป็นแรงที่เกิดจากการกระทำของสิ่งต่างๆ
   ค. ไม่เกิดแรงกระทำต่อสนามแม่เหล็กโลก
   ง. ถ้านำขั้วเดียวกันมาใกล้กันจะเกิดแรงดึงดูดกัน
4. ดอกยางของยางรถยนต์เป็นลวดลายมีวัตถุประสงค์ใด
   ก. ลดแรงเสียดทาน
   ข. เพิ่มแรงเสียดทาน
   ค. ออกแบบรูปร่างยาง
   ง. ด้านความปลอดภัยของมนุษย์

5. ในชีวิตประจำวันต่อไปนี้ ข้อใดควรใช้แรงเสียดทานให้น้อยที่สุด

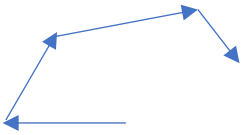
   ก. สมศรี ถูพื้นบ้าน

   ข. สมศักดิ์ กวาดบ้าน

   ค. สมทรง เกาหลัง

   ง. สมใจ เล่นสไลเดอร์

6. ถ้ามีแรง 4 แรง ตามรูป ข้อใดแสดงแรงลัพธ์ได้ถูกต้อง



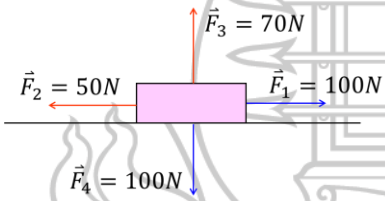
ก.

ข.

ค.

ง.

7. วัตถุมีแรงกระทำตามรูป แรงลัพธ์ตามข้อใดถูกต้อง



   ก. F_x = 50 N F_y = -30 N

   ข. F_x = 50 N F_y = 30 N

   ค. F_x = -50 N F_y = -30 N

   ง. F_x = 150 N F_y = 170 N

8. ข้อใดหมายถึงกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

   ก. วัตถุจะรักษาสภาพสมดุลเมื่อแรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์

   ข. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

   ค. แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์

   ง. วัตถุตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

9. เหตุการณ์ในข้อใดเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

ก. มะม่วงร่วงจากต้น

ข. กระถางต้นไม้ที่วางไว้ริมระเบียง

ค. นักวิ่งที่เร่งแซงคู่แข่งเข้าเส้นชัย

ง. รถแข่งลดความเร็วขณะเข้าโค้ง

10. วัตถุก้อนหนึ่งกำลังไหลลงไปตามพื้นเอียงด้วยความเร็วคงที่ ข้อใด กล่าวถูกต้อง

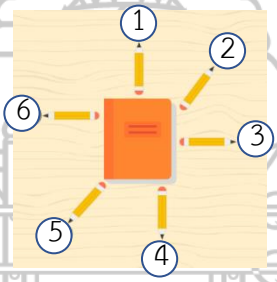
ก. วัตถุไม่อยู่ในสภาวะสมดุล

ข. วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลสถิต

ค. วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลจลน์

ง. วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลต่อการหมุน

11. ถ้านำดินสอดันขอบหนังสือที่วางอยู่บนโต๊ะในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ดังรูป ที่ตำแหน่งใด หนังสือจะเลื่อนที่โดยไม่มีการหมุน



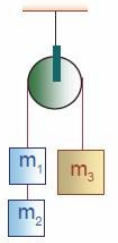
ก. ตำแหน่ง 1, 3 และ 5

ข. ตำแหน่ง 2, 4 และ 6

ค. ตำแหน่ง 1, 2 , 3 และ 5

ง. ทุกตำแหน่ง

12. แขวนวัตถุ 3 ก้อน ด้วยเชือกที่คล้องผ่านรอกซึ่งผูกติดกับคาน ดังรูป ถ้ารอกหยุดนิ่งโดยไม่หมุน ข้อใดกล่าวถูกต้อง



ก. รอกสมดุลต่อการเลื่อนที่

ข. รอกสมดุลอย่างสมบูรณ์

ค. รอกสมดุลต่อการหมุน

ง. รอกสมดุลต่อแรงกระทำ

13. เพราะเหตุใด ช่องเก็บสัมภาระของรถบัสจึงอยู่ข้างล่างของตัวรถ

ก. เพื่อให้ศูนย์ถ่วงของรถบัสอยู่ต่ำ รถบัสจึงวิ่งด้วยความเร็วสูงขึ้นได้

ข. เพื่อให้ศูนย์ถ่วงของรถบัสอยู่ต่ำและทำให้รถมีเสถียรภาพมากขึ้น

ค. เพื่อช่วยให้น้ำหนักของรถบัสเพิ่มขึ้น ทำให้รถมีเสถียรภาพมากขึ้น

ง. เพื่อไม่เป็นที่กีดขวางกับผู้โดยสาร ทำให้บรรจุคนได้เพิ่มขึ้น

14. ข้อใดนำหลักการสมดุลของแรงไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ไม่ถูกต้อง

ก. อู๊ด ออกแบบสะพานให้มีฐานใหญ่รองรับใต้สะพาน และโครงเหล็กถักสามเหลี่ยมช่วยกระจายน้ำหนัก

ข. โอ๊ด ให้ผู้โดยสารเก็บกระเป๋าหรือสัมภาระหนักๆ ในช่องเก็บสัมภาระใต้ตัวรถ แต่ให้ถือกระเป๋าใบเล็กขึ้นรถไปได้

ค. โอ ซ้อนลังน้ำแข็งท้ายรถมอเตอร์ไซค์ให้สูงขึ้นเพื่อจะได้ส่งครั้งเดียวได้เยอะๆ

ง. อาม วางกระถางต้นไม้ที่พื้นหน้าบ้าน ไม่วางที่ขอบระเบียงบ้าน

15. ความหมายการเคลื่อนที่ของวัตถุ ข้อใดถูกต้อง

ก. วัตถุมีการเปลี่ยนอัตราเร็วในช่วงเวลาหนึ่ง

ข. วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งในช่วงเวลาหนึ่ง

ค. วัตถุมีการเปลี่ยนทิศทางในช่วงเวลาหนึ่ง

ง. วัตถุมีการเปลี่ยนรูปร่างในช่วงเวลาหนึ่ง

16. การเคลื่อนที่ในข้อใดที่ทำให้การกระจัดมีค่าเป็นศูนย์

ก. การเคลื่อนที่ของลมพายุผ่านเส้นศูนย์สูตร

ข. การเคลื่อนที่ของบั้งไฟพญานาค

ค. การโยนก้อนหินขึ้นไปในอากาศและตกกลับสู่จุดเดิม

ง. การหล่นของลูกมะพร้าวลงสู่พื้นดิน

17. ปริมาณใดต่อไปนี้ ที่แสดงว่าวัตถุมีการเคลื่อนที่

ก. เวลา

ข. การกระจัด

ค. พลังงานศักดิ์

ง. แรงเสียดทานสถิต

18. เมื่อเชื้อเพลิงของจรวดถูกเผาไหม้แล้วพ่นแก๊สออกไปทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนจรวดคงตัว ความเร่งของจรวดจะเป็นอย่างไร

ก. ความเร่งลดลง เพราะเชื้อเพลิงเหลือน้อยลง

ข. ความเร่งมากขึ้น เพราะน้ำหนักของจรวดลดลง

ค. ความเร่งคงตัว เพราะแรงขับเคลื่อนจรวดคงตัว

ง. ความเร่งเป็นศูนย์ เพราะแรงขับเคลื่อนคงตัวทำให้ความเร็วคงที่

19. เหตุการณ์ในข้อใด มีความเร่งเข้ามาเกี่ยวข้อง

ก. รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ข. หนังสือวางอยู่นิ่งๆ ไม่มีแรงมากระทำ

ค. การเดินจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ด้วยจังหวะขาที่คงที่

ง. อุกกาบาตพุ่งเข้าชนดาวศุกร์ที่เคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์

20. คลองที่ตัดตรงจากเมือง A ไปเมือง B มีความยาว 52 km ขณะที่ถนนจากเมือง A ไปเมือง B มีระยะทาง 68 km ถ้าแก้มขนสินค้าจากเมือง A ไปเมือง B โดยรถยนต์ สินคานั้นมีขนาดการกระจัดเท่าใด

ก. 16 km

ข. 52 km

ค. 68 km

ง. 120 km

21. รถยนต์คันหนึ่งแล่นจากจุด A ไปยังจุด B ได้ระยะทาง 600 m ใช้เวลา 6 วินาที รถยนต์คันนี้มีอัตราเร็วเท่าไร

ก. 6 m/s

ข. 100 m/s

ค. 600 m/s

ง. 3600 m/s

22. ปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที เจอสุนัขไล่กวดเลยรีบปั่นหนีด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ในเวลา 5 วินาที ความเร่งของการปั่นจักรยานมีค่าตามข้อใด

ก. 2 m/s^2

ข. 5 m/s^2

ค. 20 m/s^2

ง. 30 m/s^2

23. ข้อใดที่แสดงว่าวัตถุเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ก. ความเร็วคงที่

ข. พลังงานกลเป็นศูนย์

ค. อยู่ในสภาวะสมดุลต่อการหมุน

ง. มีแรงกระทำเพียงแรงเดียว

24. ข้อใด กล่าวถึงการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ไม่ถูกต้อง

ก. การเคลื่อนที่ได้ระยะทางทั้งแนวราบและแนวดิ่ง

ข. มีความเร็วในแนวราบคงที่

ค. มีลักษณะการเคลื่อนเป็นแนวโค้งแบบพาราโบลา

ง. มีทิศทางการเคลื่อนที่คงที่ตลอดเวลา

25. ข้อใดกล่าวถึงแรงสู่ศูนย์กลาง ได้ถูกต้อง

ก. แรงที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ข. มีทิศทางการเคลื่อนที่คงที่ตลอดเวลา

ค. แรงที่กระทำต่อวัตถุที่มีทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง

ง. ทิศทางของแรงกระทำขนานกับทิศการเคลื่อนที่

26. ข้อใด กล่าวถึงการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก ไม่ถูกต้อง

ก. เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุกลับไปมาซ้ำแนวเดิม ผ่านแกนสมดุล

ข. มีลักษณะการเคลื่อนเป็นแนวโค้งแบบพาราโบลา

ค. มีการกระจัดสูงสุดคงตัว เรียกว่า แอมพลิจูด

ง. ทิศทางของแรงกระทำขนานกับทิศการเคลื่อนที่

27. สมชายโยนลูกบอลขึ้นตรงๆ ในแนวดิ่ง เมื่อขึ้นไปถึงตำแหน่งสูงสุด ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ลูกบอลมีความเร่งเป็นศูนย์

ข. ลูกบอลมีความเร็วเป็นศูนย์

ค. ลูกบอลมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น

ง. ลูกบอลมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

28. ข้อมูลการเคลื่อนที่ของดาวเทียม

A แรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อดาวเทียม คือ แรงสู่ศูนย์กลาง

B แรงที่ทำให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ออกไปจากโลก เรียกว่า แรงหนีศูนย์กลาง

C ขณะที่ดาวเทียมโคจรแรงหนีศูนย์กลางจะเท่ากับแรงสู่ศูนย์กลาง

D ยิ่งเคลื่อนที่เร็วแรงหนีศูนย์กลางยิ่งมาก

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ข้อ A และ B กล่าวถูก

ข. ข้อ C และ D กล่าวถูก

ค. กล่าวถูกต้องทุกข้อ

ง. ไม่มีข้อใดกล่าวถูก

29. ทุกข้อกล่าวถึงรูปแบบการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ถูกต้อง ยกเว้นข้อใด

ก. การเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงแนวราบ

ข. การรดน้ำต้นไม้ด้วยสายยางเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ค. การโคจรของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม

ง. การสั่นของวัตถุติดสปริงเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

30. การคมนาคมขนส่งในปัจจุบันเป็นการใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่แบบใดมากที่สุด

ก. การเคลื่อนที่แบบมีคาบ

ข. การเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง

ค. การเคลื่อนที่แบบหมุน

ง. การเคลื่อนที่แบบสั่น

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ชุดหลังเรียน)
เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

1. แรงทำให้เกิดผลต่อไปนี้ ยกเว้น ข้อใด
   ก. วัตถุมีอัตราเร็วเปลี่ยนแปลงไป
   ข. วัตถุมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไป
   ค. วัตถุมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป
   ง. วัตถุเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่
2. หากโลกมีขนาดเล็กลง แต่มวลยังของโลกเพิ่มขึ้น ข้อใดเป็นจริง
   ก. โลกจะมีแรงดึงดูดต่อเราลดลง
   ข. โลกจะมีแรงดึงดูดต่อเราเท่าเดิม
   ค. โลกจะมีแรงดึงดูดต่อเราเพิ่มขึ้น
   ง. เป็นไปได้ทุกข้อที่กล่าวมา
3. ข้อใดทำให้วัตถุมีแรงเสียดทานมาก
   ก. วัตถุทรงกลม
   ข. วัตถุตั้งชั้นบนพื้นลื่น
   ค. วัตถุที่มีน้ำหนักมาก
   ง. วัตถุที่เคลื่อนที่จากพื้นเอียง
4. ข้อใดคือแรงที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติทั้งหมด
   ก. แรงตึงเชือก แรงนิวเคลียร์ แรงลม
   ข. แรงไฟฟ้า แรงโน้มถ่วงของโลก แรงแม่เหล็ก
   ค. แรงเสียดทาน แรงตึงเชือก แรงไฟฟ้า
   ง. แรงโน้มถ่วงของโลก แรงนิวเคลียร์ แรงจากสปริง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

5. ในชีวิตประจำวันต่อไปนี้ ข้อใดควรใช้แรงเสียดทานให้น้อยที่สุด

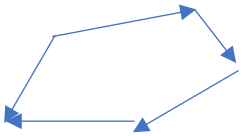
ก. การใช้มือหยิบจับสิ่งของต่าง ๆ

ข. การเหยียบเบรกเพื่อชะลอความเร็วของรถ

ค. การตอกตะปูยึดติดกับไม้

ง. การใช้เข็มฉีดยาผู้ป่วย

6. ถ้าเขียนแรงได้ ตามรูป ข้อใดแสดงแรงลัพธ์ได้ถูกต้อง



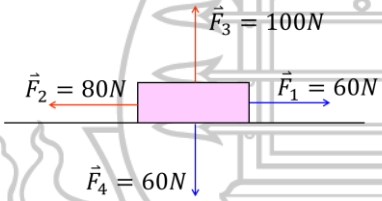
ก.

ข.

ค.

ง.

7. วัตถุมีแรงกระทำตามรูป แรงลัพธ์ตามข้อใดถูกต้อง



ก. F_x = 20 N F_y = -40 N

ข. F_x = -20 N F_y = 40 N

ค. F_x = 40 N F_y = 20 N

ง. F_x = 140 N F_y = 160 N

8. ข้อใด ไม่ได้ หมายถึงกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

ก. แรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์

ข. วัตถุหยุดนิ่ง

ค. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

ง. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

9. เหตุการในข้อใด ไม่เป็น ไปตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

ก. มะม่วงสุกที่ร่วงอยู่ใต้โคนต้น

ข. รถยนต์ที่ขับด้วยความเร็วคงที่

ค. นักวิ่งที่เร่งแซงคู่แข่งเข้าเส้นชัย

ง. กระถางต้นไม้ที่วางไว้ริมระเบียง

10. การยืนนิ่งโดยมือข้างหนึ่งถือกระเป๋า ข้อใดกล่าวถูกต้อง

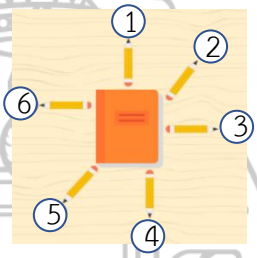
ก. วัตถุไม่อยู่ในสภาวะสมดุล

ข. วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลสถิต

ค. วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลจลน์

ง. วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลต่อการหมุน

11. ถ้านำดินสอดันขอบหนังสือที่วางอยู่บนโต๊ะในตำแหน่งที่แตกต่างกันดังรูป ที่ตำแหน่งใด ที่ตำแหน่งใดหนังสือจะเลื่อนที่และหมุนไปพร้อมๆ กัน



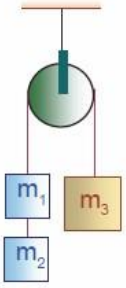
ก. ตำแหน่ง 1, 3 และ 5

ข. ตำแหน่ง 2, 4 และ 6

ค. ตำแหน่ง 1, 2 , 3 และ 5

ง. ทุกตำแหน่ง

12. แขวนวัตถุ 3 ก้อน ด้วยเชือกที่คล้องผ่านรอกซึ่งผูกติดกับคาน ดังรูป ถ้ารอกสมดุลต่อการหมุน ข้อต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง ยกเว้น ข้อใด



ก. รอกหยุดนิ่งโดยไม่หมุน

ข. รอกหมุนอยู่กับที่ด้วยความเร็วคงที่

ค. ไม่มีแรงกระทำต่อรอก

ง. ผลรวมของโมเมนต์ของแรงเป็นศูนย์

13. ข้อใดที่แสดงว่าวัตถุสมดุลต่อการเลื่อนที่

ก. ลิฟท์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงตัว, หนังสือวางบนโต๊ะ

ข. ลิฟท์กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงตัว, รถกำลังเลี้ยว

ค. นั่งอ่านหนังสือ , รถกำลังเลี้ยว

ง. แท่งไม้ไถลลงมาตามพื้นเอียง, นั่งอ่านหนังสือ

14. ตุ๊กตาล้มลุกโยกเท่าไรก็ไม่ล้ม ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ตุ๊กตาล้มลุกไม่ล้มและจะกลับมาตั้งตามเดิมเพราะมีน้ำหนักเบา

ข. ตุ๊กตาล้มลุกขนาดเล็ก ทำให้รถมีเสถียรภาพมากขึ้น

ค. ศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำ จึงช่วยยึดตุ๊กตาล้มลุกกับพื้นจึงไม่ล้ม

ง. ศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำ และผ่านฐานทำให้ตุ๊กตาล้มลุกไม่ล้มและจะกลับมาตั้งตามเดิม

15. ข้อใดนำหลักการสมดุลของแรงไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง

ก. โชค ออกแบบสะพานให้มีฐานเล็กลงเพื่อไม่กินพื้นที่ด้านล่าง

ข. ชัช ขับรถบรรทุกเทินของให้สูงกว่ารถเพื่อให้บรรทุกได้มากยิ่งขึ้น

ค. ชัย ต่อพ่วงซาเล้ง เพื่อให้ขับได้ง่าย บรรทุกได้เยอะขึ้น และไม่ล้ม

ง. เชิด ทำที่เก็บสัมภาระไว้บนหลังคารถเพื่อเพิ่มพื้นที่ในรถ

16. วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากตำแหน่งเดิม หมายถึงสิ่งใด

ก. การเคลื่อนย้ายวัตถุ

ข. การเปลี่ยนสภาพของวัตถุ

ค. การเกิดสมดุลของวัตถุ

ง. การเคลื่อนที่ของวัตถุ

17. วัตถุถูกปาขึ้นจากพื้นดินในแนวดิ่งเมื่อขึ้นไปถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาที่จุดเดิมข้อสรุปข้อใดถูกต้อง

ก. ความเร่งที่จุดสูงสุดมีค่าเป็นศูนย์

ข. การกระจัดมากที่สุดที่จุดสูงสุด

ค. ความเร็วที่ระดับสูงเท่ากันจะมีค่าเท่ากัน

ง. เวลาที่ใช้ขึ้นไปจุดสูงสุดเป็นครึ่งของเวลาที่ใช้เคลื่อนที่ใช้เคลื่อนที่ถึงจุดสูงสูด

18. ถ้าครูบอกนักเรียนว่า ”รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ในแนวเส้นตรง”รถยนต์คันดังกล่าวจะมีความเร่งเป็นอย่างไร

ก. ความเร่งเป็นศูนย์

ข. ความเร่งคงที่

ค. ความเร่งเพิ่มขึ้น

ง. ความเร่งลดลง

19. วัตถุใดต่อไปนี้ที่กำลังเคลื่อนที่โดย ไม่มี ความเร่ง

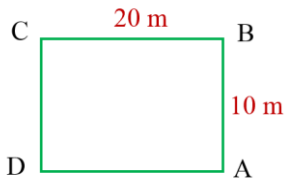
ก. จรวดกำลังเคลื่อนที่ขึ้นไปในแนวดิ่งด้วยความเร็วคงที่ในสนามโน้มถ่วง

ข. รถยนต์แล่นด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอในทางโค้ง

ค. รถยนต์กำลังถอยหลังเข้าจอดในโรงรถ

ง. ก้อนหินกำลังตกลงมาในแนวดิ่ง

20. เดินจากจุด A ไปยัง B, C และ D ตามลำดับ ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้และขนาดของการกระจัดเป็นเท่าไร



ก. 20 m และ 10 m

ข. 30 m และ 20 m

ค. 40 m และ 20 m

ง. 40 m และ 30 m

21. มาริโอ้วิ่งจากจุด A ไปยังจุด B ได้ระยะทาง 120 m ใช้เวลา 10 วินาที มาริโอ้วิ่งด้วยอัตราเร็วเท่าไร

ก. 1 m/s

ข. 10 m/s

ค. 12 m/s

ง. 120 m/s

22. รถไฟแล่นมาด้วยความเร็ว 100 เมตรต่อวินาที เตรียมเข้าจอดที่ชานชลาจึงเบรกความเร็วเหลือ 20 เมตรต่อวินาที ในเวลา 10 วินาที ความเร่งของรถไฟมีค่าตามข้อใด

ก. 8 m/s^2

ข. -8 m/s^2

ค. 10 m/s^2

ง. -10 m/s^2

23. ลูกบอลกลิ้งมาตามพื้นราบแล้วหล่นจากหน้าผา ข้อความใดถูกต้อง

ก. ถ้าเตะลูกบอลเพื่อให้ความเร็วตอนกลิ้งเพิ่มขึ้นเวลาในการตกจากหน้าผาถึงพื้นจะเร็วขึ้น

ข. ถ้าทำให้ลูกบอลกลิ้งช้าลงเวลาในการตกจากหน้าผาถึงพื้นจะช้าลง

ค. ไม่ว่าจะกลิ้งลูกบอลเร็วหรือช้า ลูกบอลตกจากหน้าผาถึงพื้นใช้เวลาเท่ากัน

ง. ถ้าใช้ลูกบอลขนาดใหญ่ขึ้นเวลาในการตกจากหน้าผาถึงพื้นจะเร็วขึ้น

24. การเคลื่อนที่ได้ระยะทางทั้งแนวราบและแนวดิ่ง มีลักษณะการเคลื่อนเป็นแนวโค้งแบบพาราโบลา เป็นลักษณะการเคลื่อนที่แบบใด

ก. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

ข. การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์

ค. การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ง. การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิก

25. ข้อใด <u>ไม่ถูกต้อง</u> เกี่ยวกับแรงสู่ศูนย์กลาง

ก. วัตถุเคลื่อนที่ในแนวราบและแนวดิ่งพร้อมกัน

ข. ทิศทางแรงกระทำตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่

ค. ทิศทางและความเร็ววัตถุเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ง. มีขนาดเท่ากับแรงหนีศูนย์กลางเมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม

26. ข้อใด กล่าวถึงการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกได้ถูกต้อง

ก. ทิศทางของแรงกระทำตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่

ข. มีลักษณะการเคลื่อนเป็นแนวโค้งแบบพาราโบลา

ค. มีทิศทางการเคลื่อนที่คงที่ตลอดเวลา

ง. เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุกลับไปมาซ้ำแนวเดิม ผ่านแกนสมดุล

27. นักเรียนปล่อยวัตถุมวล 10 กิโลกรัม และวัตถุมวล 1 กิโลกรัม ที่จุดสูงจากพื้นดิน 20 เมตร นักเรียนคิดว่าคำกล่าวข้อใดถูกต้อง

ก. วัตถุมวล 10 kg ตกถึงพื้นก่อนวัตถุ มวล 1 kg เพราะมวลมากกว่า

ข. วัตถุมวล 1 kg ตกถึงพื้นก่อนวัตถุมวล 10 kg เพราะมวลน้อยกว่า

ค. ตกถึงพื้นดินพร้อม เพราะเป็นการตกภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

ง. ระบุไม่ได้ว่าวัตถุใดจะจะตกถึงพื้นดินก่อน

28. จากข้อมูลต่อไปนี้

A โพรเจกไทล์จะมีการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง

B วัตถุแนวดิ่งจะตกถึงพื้นก่อนวัตถุโพรเจกไทล์

C วัตถุแนวดิ่งและวัตถุโพรเจกไทล์ จะตกถึงพื้นพร้อมกัน

D วัตถุโพรเจกไทล์จะมีแรงกระทำ 2 แรง

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ข้อ A และ B กล่าวถูก

ข. ข้อ C และ D กล่าวถูก

ค. ข้อ A C และ D กล่าวถูก

ง. กล่าวถูกต้องทุกข้อ

29. ตัวอย่างการเคลื่อนที่ต่อไปนี้ในข้อใดแตกต่างจากข้ออื่น

ก. รถจักรยานไต่ถัง

ข. การแกว่ง ของลูกตุ้มนาฬิกา

ค. การเคลื่อนที่ของดาวเทียม

ง. รถยนต์วิ่ง รอบวงเวียน

30. ข้อใดระบุการประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่รูปแบบต่างของสไลเดอร์สวนน้ำ ไม่ถูกต้อง

ก. เส้นตรงตามพื้นเอียง

ข. แบบฮาร์มอนิกส์ในตำแหน่งหมุนตีลังกา

ค. แบบวงกลมในตำแหน่งที่เข้าโค้ง

ง. แบบโพรเจกไทล์ตรงจุดตกจากสไลเดอร์ลงน้ำ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ง

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ชุดก่อนเรียน)
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดประเภทอัตนัย มีข้อสอบทั้งหมด 4 ข้อ ดังนี้

1.1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย	จำนวน 1 ข้อ	3 ข้อย่อย
1.2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ	จำนวน 1 ข้อ	3 ข้อย่อย
1.3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม	จำนวน 1 ข้อ	3 ข้อย่อย
1.4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์	จำนวน 1 ข้อ	3 ข้อย่อย

โดยแต่ละข้อจะวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด เป็นแบบทดสอบที่เน้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดได้อย่างอิสระเท่าที่นักเรียนสามารถจะตอบได้

2. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 1 ชั่วโมง 20 นาที ให้เวลานักเรียนทำข้อละ 20 นาที โดยครูผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณ แล้วให้หยุดทำทันที จากนั้นครูผู้คุมสอบจะเก็บแบบวัดพร้อมทั้งแจกแบบวัดข้อถัดไป

3. นักเรียนจะได้คะแนนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูง เมื่อนักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อได้ตามข้อกำหนด โดยคำตอบนั้นเป็นแนวคิดที่สมเหตุสมผล สอดคล้องกับข้อคำถาม เป็นแนวคิดที่แปลกใหม่หรือต่างแตก และมีความเป็นไปได้

4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบวัดชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนในด้านใด ๆ ทั้งสิ้น

5. เขียนชื่อ-สกุล ลงในข้อสอบแต่ละข้อให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ

ชื่อ-สกุล .....ห้อง/กลุ่ม.....เลขที่.....

องค์ประกอบที่ประเมิน	**คะแนนการประเมิน**			
	การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	**รวม**
1. การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย				
2. การแสดงแนวคิดด้วยภาพ				
3. การแก้ปัญหาด้านสังคม				
4. การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์				
รวมคะแนนรายด้าน				
รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทุกด้าน				

ข้อที่ 1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย เรื่อง “ป้ายภาพเล่าเรื่อง”

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

จากป้ายภาพที่ปรากฏ ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม นักเรียนกำลังเล่นเกม โดยเปิดป้ายภาพแล้วใช้รูปภาพที่ปรากฏมาเป็นแรงบันดาลใจในการเล่าเรื่อง เพื่อเป็นการอุ่นเครื่อง รอบนี้จะใช้ป้ายภาพเพียงสองป้ายก่อน

จงเขียนแนวคิดของเรื่องเล่าที่แตกต่างกัน 2 เรื่อง ที่เชื่อมโยงกับป้ายภาพ โดยแนวคิดของเรื่องทั้งสองควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที และเขียนไม่เกิน 10 ประโยค

แนวคิดของเรื่องที่ 1

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

แนวคิดของเรื่องที่ 2

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย เรื่อง “ป้ายภาพเล่าเรื่อง”

คำถามที่ 2/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

จากป้ายภาพที่ปรากฏ ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

หลังจากที่นักเรียนได้ลองเล่นเกมไปบ้างแล้ว ตอนนี้ให้ลองเขียนเรื่องเล่าที่แปลกใหม่หนึ่งเรื่องที่เชื่อมโยงกับป้ายภาพที่ปรากฏตามลำดับ เรื่องเล่าของนักเรียนจะได้คะแนนสูง ถ้าเป็นเรื่องที่แปลกใหม่แสดงออกถึงจินตนาการ และมีการลำดับเรื่องที่ดี

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที และเขียนไม่เกิน 10 ประโยค ให้เขียนเรื่องเล่าของนักเรียนที่นี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย เรื่อง “ป้ายภาพเล่าเรื่อง”

คำถามที่ 3/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

จากป้ายภาพประกอบและข้อความที่กำหนดให้ ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

ตอนนี้นักเรียนกำลังจะเล่นเกมที่เปลี่ยนกติกาไปเล็กน้อย โดยนักเรียนจะต้องสร้างเรื่องเล่าร่วมกับเพื่อนคนหนึ่ง ให้นักเรียนอ่านตอนต้นของเรื่องเล่าที่เพื่อนของนักเรียนเขียนขึ้นโดยใช้รูปภาพด้านบน 6 รูป จากนั้นนักเรียนจะต้องเขียนเรื่องเล่าที่ต่อเนื่องจากเรื่องเดิม โดยใช้รูปภาพด้านล่าง 3 รูป

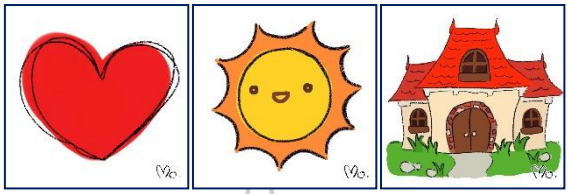
จงเขียนเรื่องเล่าที่แปลกใหม่และต่อเนื่องจากเรื่องเล่าของเพื่อนที่มีอยู่เดิม โดยพยายามใช้แรงบันดาลใจและรูปแบบการเขียนเหมือนของเพื่อน

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที และเขียนไม่เกิน 8 ประโยค

รูปภาพ 6 รูป ที่เพื่อนเขียนเรื่องเล่า

คุณยายคนหนึ่งเดินกลับบ้านตามป้ายนำทาง แต่ดันพลัดหลงเข้าไปในห้องสัมมนาซึ่งกำลังถกเถียงประเด็นที่ว่า “เม็ดฝนที่ตกมาจากฟ้าที่สูงและตกมาด้วยความเร็วสูงจะทำให้คนได้รับบาดเจ็บหรืออันตรายถึงแก่ชีวิตหรือไม่” ผู้สัมมนาต่างก็พากันวินิจฉัยหาคำตอบ บ้างก็หาค่าความเร็วของเม็ดฝน บ้างก็หามวลน้ำหนักของเม็ดฝน ฯลฯ คุณยายมองดูอยู่สักพักก็คว้าไมโครโฟนที่โพเดียมออกมาพูดขึ้นว่า “พวกคุณไม่เคยตากฝนเหรอ?” ทุกคนต่างพากันพยักหน้าบอกว่า “ใช่ๆ พวกเราก็เคยโดนฝนนี่นา”

รูปภาพ 3 รูป ที่นักเรียนต้องใช้เขียนเรื่องเล่าที่ต่อเนื่องกับเรื่องที่เพื่อนเขียนอยู่เดิม



ให้เขียนเรื่องเล่าของนักเรียนที่นี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ เรื่อง “โลโก้งานเทศกาลอาหาร”

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

ให้วาดรูปลงในกรอบข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

ในแต่ละปี เมืองหัวหินจะจัดงานเทศกาลอาหาร ที่เรียกว่า "Hua Hin Food Fest on the Beach " ผู้จัดงานได้ประกาศให้มีการแข่งขันออกแบบโลโก้ของงานเทศกาลประจำปีนี้ ในขั้นแรกนักเรียนจะต้องออกแบบโลโก้แตกต่างกันจำนวน 2 แบบ เพื่อส่งประกวด โดยที่โลโก้แต่ละแบบควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

จงออกแบบโลโก้ 2 แบบให้แตกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนเขียนอธิบายการออกแบบของนักเรียน 1-2 ประโยคลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

โลโก้งานเทศกาลอาหาร แบบที่ 1

	คำอธิบาย ....

โลโก้งานเทศกาลอาหาร แบบที่ 2

	คำอธิบาย ....

ข้อที่ 2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ เรื่อง “โลโก้งานเทศกาลอาหาร”

คำถามที่ 2/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

ให้วาดรูปลงในกรอบข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนเพิ่งทราบว่า หัวข้อหลักของงานเทศกาลปีนี้ คือ **กินหอยที่หัวหิน และวิธีทำเมนูอาหารจานเด็ดจากหอย** นักเรียนจะมีโอกาสชนะการประกวดมากขึ้น ถ้าการออกแบบของนักเรียนเชื่อมโยงกับหัวข้อหลักของงาน

จงออกแบบโลโก้ในกรอบด้านล่างให้มีความ**แปลกใหม่** และสอดคล้องกับหัวข้อหลักของงานมากขึ้น โดยในโลโก้ต้องมีองค์ประกอบของรูปทรงเลขาคณิตปรากฏในรูปไม่น้อยกว่า 2 รูปทรง จากนั้น ให้นักเรียน**เขียนอธิบาย**การออกแบบของนักเรียน 1-2 ประโยคลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

โลโก้งานเทศกาลอาหาร

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ เรื่อง “โลโก้งานเทศกาลอาหาร”

คำถามที่ 3/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

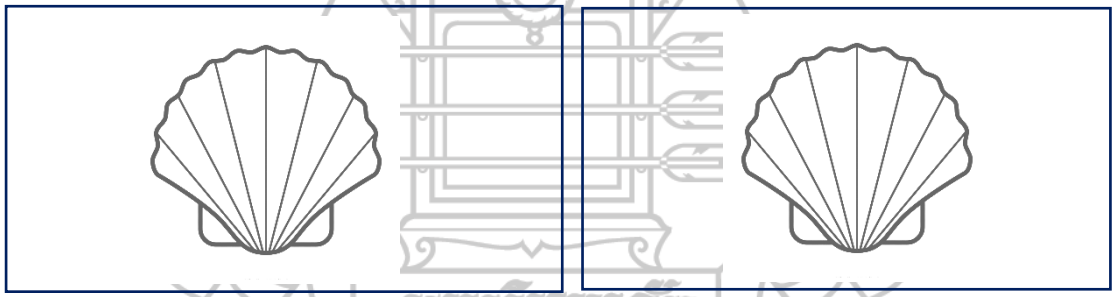
ให้วาดรูปลงในกรอบข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

เมื่อนักเรียนทราบแล้วว่า หัวข้อหลักของงานเทศกาลปีนี้ คือ **กินหอยที่หัวหิน และวิธีทำเมนูอาหารจานเด็ดจากหอย** นักเรียนจะมีโอกาสชนะการประกวดมากขึ้น ถ้าการออกแบบของนักเรียนเชื่อมโยงกับหัวข้อหลักของงาน

จงปรับปรุงโลโก้ในกรอบด้านล่างขวามือ ให้สอดคล้องกับหัวข้อหลักของงานมากขึ้น และให้การออกแบบที่มีอยู่เดิมของโลโก้นี้ยังคงปรากฏอยู่ในการออกแบบของนักเรียนจากนั้น ให้นักเรียน**เขียนอธิบายข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องของโลโก้เดิม และเขียนอธิบาย**การออกแบบของนักเรียนในการ**พัฒนาหรือปรับปรุงจากเดิม** 1 - 2 ประโยคลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที

โลโก้งานเทศกาลอาหาร แบบที่ออกแบบไว้เดิม โลโก้งานเทศกาลอาหาร แบบที่นักเรียนปรับปรุ



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม เรื่อง “แอปพลิเคชันช่วยประหยัดพลังงาน”

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

จงเขียนอธิบายแนวคิดที่แตกต่างกัน 3 แนวคิด ที่ผู้คนสามารถใช้ในการประหยัดพลังงานได้โดยที่แต่ละแนวคิดควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และคำอธิบายของนักเรียนจะต้องมีรายละเอียดที่ชัดเจน และเลือกมาเฉพาะกิจกรรมที่สามารถปฏิบัติตามได้ทุกคน

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิดที่ 1

.....
.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 2

.....
.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 3

.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม เรื่อง “แอปพลิเคชันช่วยประหยัดพลังงาน”

คำถามที่ 2/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนและเพื่อนของนักเรียนได้ช่วยกันสร้างแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่จะให้รางวัลกับผู้ใช้ที่ทำกิจกรรมช่วยประหยัดพลังงาน ตอนนี้นักเรียนจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมในการโฆษณา แอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้คนดาวน์โหลด

จงเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ในการโฆษณาให้แอปพลิเคชันของนักเรียนเป็นที่รู้จักโดยแนวคิดดังกล่าวควรจะมีความแปลกใหม่แง่ที่คนส่วนใหญ่ไม่น่าจะคิดถึง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิด

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม เรื่อง “แอปพลิเคชันช่วยประหยัดพลังงาน”

คำถามที่ 3/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนกังวลว่า หลังจากใช้งานแอปพลิเคชันไปได้สองสามวันแล้ว ผู้ใช้จะใช้งานแอปพลิเคชันน้อยลงกว่าวันแรก ๆ

จงคิดหาวิธีปรับปรุงแอปพลิเคชันเพื่อให้คนใช้งานนานขึ้น ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดที่ได้ปรับปรุงแล้วลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที

แนวคิด

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง "นาฬิกาอัจฉริยะ"

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

ให้นักเรียนลองนึกภาพ "นาฬิกาอัจฉริยะ"

จงเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ 3 วิธี เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนรูปแบบ หรือส่วนประกอบของนาฬิกาให้สมกับความเป็นนาฬิกาอัจฉริยะ ให้สามารถตอบสนองความต้องการของคนในปัจจุบัน และน่าใช้งานยิ่งขึ้น โดยที่แต่ละแนวคิดควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยให้นักเรียนอธิบายอย่างชัดเจนว่าวิธีการของแต่ละแนวคิดเป็นอย่างไร พร้อมทั้งระบุกระบวนการทำงานของรูปแบบหรือส่วนประกอบนั้น ๆ อย่างเฉพาะเจาะจง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิดที่ 1

.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 2

.....
.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 3

.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง “นาฬิกาอัจฉริยะ”

คำถามที่ 2/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

เนื่องนาฬิกาอัจฉริยะมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน และมีราคาแพง เพื่อนของนักเรียนจึงแนะนำว่าควรมีการป้องกันการสูญหายหรือการลักขโมย เขาเสนอให้สร้างกล่องใส่นาฬิกาแบบล็อคได้ไว้ใส่ตอนถอดออกจากข้อมือ หากนาฬิกาเปลี่ยนตำแหน่งหรือเคลื่อนที่เมื่อมีคนอื่นนำไป จะมีการจะส่งการแจ้งเตือนไปที่โทรศัพท์ของเจ้าของนาฬิกา

จงเสนอวิธีการปรับปรุงแนวคิดของเพื่อนในการลดการลักขโมยนาฬิกาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น พร้อมกับคำอธิบายของนักเรียนจะต้องมีรายละเอียดที่เฉพาะเจาะจง โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องของแนวคิดของเพื่อน และเขียนอธิบายแนวคิดการพัฒนาหรือที่ได้ปรับปรุงแล้วของนักเรียน ลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิดวิธีการปรับปรุง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

คำถามที่ 3/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นาฬิกาอัจฉริยะรุ่นแรกมีการใช้สายโลหะที่เบาแต่แข็งแรง ต่อมามีการพัฒนาสายนาฬิกาเป็นแบบนาโนไฟเบอร์ เบา แข็งแรง และยืดหยุ่นได้ตามขนาดข้อมือ เป็นเหตุให้สายเดิมที่เป็นโลหะจึงไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป

จงเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่หนึ่งวิธีในการนำสายโลหะเดิมซึ่งเบาและแข็งแรงไปใช้ซ้ำ หรือปรับเปลี่ยนการนำไปใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์อื่นโดยที่แนวคิดควรจะแปลกใหม่ในแง่ที่คนส่วนใหญ่ไม่น่าจะคิดถึง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที

แนวคิด

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ชุดหลังเรียน)
สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดประเภทอัตนัย มีข้อสอบทั้งหมด 4 ข้อ ดังนี้

1.1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย จำนวน 1 ข้อ 3 ข้อย่อย

1.2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ จำนวน 1 ข้อ 3 ข้อย่อย

1.3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม จำนวน 1 ข้อ 3 ข้อย่อย

1.4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ 3 ข้อย่อย

โดยแต่ละข้อจะวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด เป็นแบบทดสอบที่เน้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดได้อย่างอิสระเท่าที่นักเรียนสามารถจะตอบได้

2. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 1 ชั่วโมง 20 นาที ให้เวลานักเรียนทำข้อละ 20 นาที โดยครูผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณ แล้วให้หยุดทำทันที จากนั้นครูผู้คุมสอบจะเก็บแบบวัดพร้อมทั้งแจกแบบวัดข้อถัดไป

3. นักเรียนจะได้คะแนนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูง เมื่อนักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อได้ตามข้อกำหนด โดยคำตอบนั้นเป็นแนวคิดที่สมเหตุสมผล สอดคล้องกับข้อคำถาม เป็นแนวคิดที่แปลกใหม่หรือต่างแตก และมีความเป็นไปได้

4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบวัดชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนในด้านใด ๆ ทั้งสิ้น

5. เขียนชื่อ-สกุล ลงในข้อสอบแต่ละข้อให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ

ชื่อ-สกุล .....ห้อง/กลุ่ม.....เลขที่.....

องค์ประกอบที่ประเมิน	**คะแนนการประเมิน**			
	การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	**รวม**
1. การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย				
2. การแสดงแนวคิดด้วยภาพ				
3. การแก้ปัญหาด้านสังคม				
4. การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์				
รวมคะแนนรายด้าน				
รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทุกด้าน				

ข้อที่ 1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย ป้ายภาพเล่าเรื่อง

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

จากป้ายภาพที่ปรากฏ ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนกำลังเล่นเกม โดยเปิดป้ายภาพแล้วใช้รูปภาพที่ปรากฏมาเป็นแรงบันดาลใจในการเล่าเรื่องเพื่อเป็นการอุ่นเครื่อง รอบนี้จะใช้ป้ายภาพเพียงสองป้ายก่อน

จงเขียนแนวคิดของเรื่องเล่าที่แตกต่างกัน 2 เรื่อง ที่เชื่อมโยงกับป้ายภาพ โดยแนวคิดของเรื่องทั้งสองควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที และเขียนไม่เกิน 10 ประโยค

แนวคิดของเรื่องที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิดของเรื่องที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

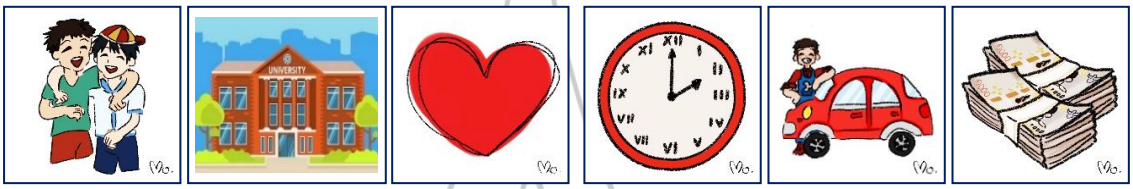
สถาบันวิทยบริการ

ข้อที่ 1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย ป้ายภาพเล่าเรื่อง

คำถามที่ 2/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

จากป้ายภาพที่ปรากฏ ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

หลังจากที่นักเรียนได้ลองเล่นเกมไปบ้างแล้ว ตอนนี้ให้ลองเขียนเรื่องเล่าที่แปลกใหม่หนึ่งเรื่องที่เชื่อมโยงกับป้ายภาพที่ปรากฏตามลำดับ เรื่องเล่าของนักเรียนจะได้คะแนนสูง ถ้าเป็นเรื่องที่แปลกใหม่แสดงออกถึงจินตนาการ และมีการลำดับเรื่องที่ดี



ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที และเขียนไม่เกิน 10 ประโยค ให้เขียนเรื่องเล่าของนักเรียนที่นี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 1 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย ป้ายภาพเล่าเรื่อง

คำถามที่ 3/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

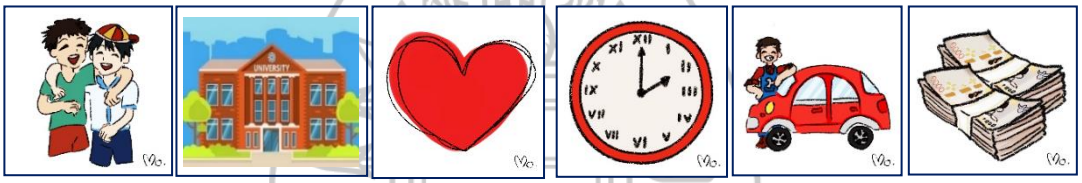
จากป้ายภาพประกอบและข้อความที่กำหนดให้ ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

ตอนนี้นักเรียนกำลังจะเล่นเกมที่เปลี่ยนกติกาไปเล็กน้อย โดยนักเรียนจะต้องสร้างเรื่องเล่าร่วมกับเพื่อนคนหนึ่ง ให้นักเรียนอ่านตอนต้นของเรื่องเล่าที่เพื่อนของนักเรียนเขียนขึ้นโดยใช้รูปภาพด้านบน 6 รูป จากนั้นนักเรียนจะต้องเขียนเรื่องเล่าที่ต่อเนื่องจากเรื่องเดิม โดยใช้รูปภาพด้านล่าง 3 รูป

จงเขียนเรื่องเล่าที่แปลกใหม่และต่อเนื่องจากเรื่องเล่าของเพื่อนที่มีอยู่เดิม โดยพยายามใช้แรงบันดาลใจและรูปแบบการเขียนเหมือนของเพื่อน

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที และเขียนไม่เกิน 8 ประโยค

รูปภาพ 6 รูป ที่เพื่อนเขียนเรื่องเล่า



นัทกับแนนเป็นเพื่อนกันตั้งแต่เด็ก ตอนที่เอ็นทรานซ์นัทสอบไม่ติดมหาวิทยาลัยใดเลยแต่แนนสอบติดมหาวิทยาลัยชื่อดัง แนนรู้สึกภูมิใจในตัวเองมาก เวลาผ่านไปไม่กี่ปี แนนเรียนจบดอกเตอร์ และทำงานเป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งเงินเดือนสามหมื่นกว่าบาท และได้มาเจอกับนัทอีกครั้ง นัทไม่ได้เรียนต่อแต่ไปสมัครเป็นช่างซ่อมรถและฝึกฝนเรียนรู้จนเกิดความชำนาญ ปัจจุบันนัทเปิดอู่ซ่อมรถเป็นของตนเอง และมีรายได้ต่อเดือนมากกว่าแนน

รูปภาพ 3 รูป ที่นักเรียนต้องใช้เขียนเรื่องเล่าที่ต่อเนื่องกับเรื่องที่เพื่อนเขียนอยู่เดิม

ให้เขียนเรื่องเล่าของนักเรียนที่นี่

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ เรื่อง “โลโก้ร้านไก่ทอดขั้นเทพ”

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

ให้วาดรูปลงในกรอบข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

ร้านไก่ทอดชื่อดัง สามารถตีตลาดคนชอบกินไก่ได้สำเร็จ มีการขยายสาขาเพิ่มหลายสาขา และเพื่อเป็นการเฉลิมฉลองจึงจัดงานขอบคุณลูกค้าคนกินไก่ เจ้าของร้านจึงได้ประกาศให้มีการแข่งขันออกแบบโลโก้ร้านชิงเงินรางวัล เพื่อนำมาใช้จริงกับร้าน ในขั้นแรกนักเรียนจะต้องออกแบบโลโก้ร้านภายใต้ชื่อ “ร้านไก่ทอดขั้นเทพ” แตกต่างกันจำนวน 2 แบบ เพื่อส่งประกวด โดยที่โลโก้แต่ละแบบควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

จงออกแบบโลโก้ 2 แบบให้แตกต่างกัน จากนั้นให้นักเรียนเขียนอธิบายการออกแบบของนักเรียน 1-2 ประโยคลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

โลโก้“ร้านไก่ทอดขั้นเทพ” แบบที่ 1

	คำอธิบาย ....

โลโก้“ร้านไก่ทอดขั้นเทพ” แบบที่ 2

	คำอธิบาย ....

ข้อที่ 2 ข้อสอบการแสดงแนวคิดด้วยภาพ เรื่อง “โลโก้ร้านไก่ทอดขั้นเทพ”

คำถามที่ 2/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

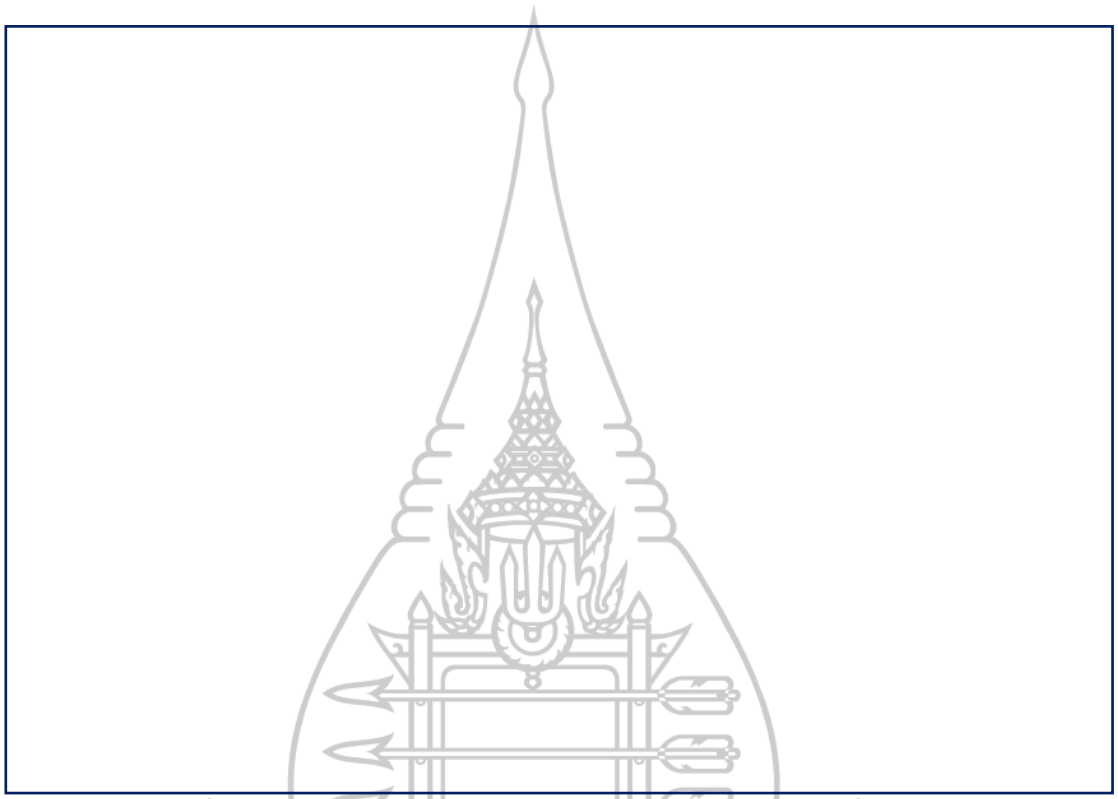
ให้วาดรูปลงในกรอบข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนเพิ่งทราบว่า เมนูหลักที่ทางร้านขายดีมากและอยากให้อยู่ในโลโก้ คือ เมนู**น่องไก่ซี๊ด ซอสขั้นเทพ** นักเรียนจะมีโอกาสชนะการประกวดมากขึ้น ถ้าการออกแบบของนักเรียนเชื่อมโยงกับเมนูหลักของทางร้าน

จงออกแบบโลโก้ในกรอบด้านล่าง ให้สอดคล้องกับชื่อร้านและเมนูชูโรงของร้าน กำหนดให้ในโลโก้ต้องมีองค์ประกอบของรูปทรงเลขาคณิตปรากฏในรูปไม่น้อยกว่า 2 รูปทรง จากนั้น ให้นักเรียน**เขียนอธิบาย**การออกแบบของนักเรียน 1-2 ประโยคลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

โลโก้ร้านไก่ทอดขั้นเทพ



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ให้วาดรูปลงในกรอบข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

เมื่อนักเรียนทราบแล้วว่า เมนูหลักที่ทางร้านขายดีมากและอยากให้อยู่ในโลโก้ด้วย คือ เมนู**น่องไก่ซี๊ดซอสขั้นเทพ** นักเรียนจะมีโอกาสชนะการประกวดมากขึ้น ถ้าการออกแบบของนักเรียนเชื่อมโยงกับเมนูหลักของทางร้าน

จงปรับปรุงโลโก้ในกรอบด้านล่างขวามือ เพื่อออกแบบให้สอดคล้องกับชื่อร้านและเมนูชูโรงของร้าน ให้มากขึ้น โดยให้การออกแบบที่มีอยู่เดิมของโลโก้นี้ยังคงปรากฏอยู่ในการออกแบบของนักเรียนจากนั้น ให้นักเรียน**เขียนอธิบาย**การออกแบบของนักเรียน 1-2 ประโยคลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที

โลโก้งานเทศกาลอาหาร แบบที่ออกแบบไว้เดิม

โลโก้งานเทศกาลอาหาร แบบที่นักเรียนปรับปรุง

คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม เรื่อง “แอปพลิเคชันลดโลกร้อน”

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

จงอธิบายแนวคิดที่แตกต่างกัน 3 แนวคิด ที่ผู้คนสามารถช่วยกันลดภาวะโลกร้อนได้ โดยที่แต่ละแนวคิดควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยคำอธิบายของนักเรียนจะต้องมีรายละเอียดที่ชัดเจน และเลือกมาเฉพาะกิจกรรมที่สามารถปฏิบัติตามได้ทุกคน

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิดที่ 1

.....
.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 2

.....
.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 3

.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม เรื่อง “แอปพลิเคชันลดโลกร้อน”

คำถามที่ 2/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนและเพื่อนของนักเรียนได้ช่วยกันสร้างแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่จะให้รางวัลกับผู้ใช้ที่ทำกิจกรรมลดโลกร้อน ตอนนี้นักเรียนจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมในการโฆษณา แอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้คนดาวน์โหลด

จงเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ในการโฆษณาให้แอปพลิเคชันของนักเรียนเป็นที่รู้จักโดยแนวคิดดังกล่าวควรจะมีความแปลกใหม่แง่ที่คนส่วนใหญ่ไม่น่าจะคิดถึง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิด

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อที่ 3 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านสังคม เรื่อง “แอปพลิเคชันลดโลกร้อน”

คำถามที่ 3/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

นักเรียนกังวลว่า หลังจากใช้งานแอปพลิเคชันไปได้สองสามวันแล้ว ผู้ใช้จะใช้งานแอปพลิเคชันน้อยลงกว่าวันแรก ๆ

จงคิดหาวิธีปรับปรุงแอปพลิเคชันเพื่อให้คนใช้งานนานขึ้น ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดที่ได้ปรับปรุงแล้วลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที

แนวคิด

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง "คอมพิวเตอร์แห่งอนาคต"

คำถามที่ 1/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

ให้นักเรียนลองนึกภาพ "คอมพิวเตอร์แห่งอนาคต"

จงเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่ 3 วิธี เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนรูปแบบ หรือส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ให้สมกับการใช้งานในอนาคต สามารถตอบสนองความต้องการของผู้คนได้ สะดวกและน่าใช้งานยิ่งขึ้น โดยที่แต่ละแนวคิดควรจะแตกต่างกันให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยให้นักเรียนอธิบายอย่างชัดเจนว่าวิธีการของแต่ละแนวคิดเป็นอย่างไร พร้อมทั้งระบุกระบวนการทำงานของรูปแบบหรือส่วนประกอบนั้นๆ อย่างเฉพาะเจาะจง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิดที่ 1

.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 2

.....
.....
.....
.....

แนวคิดที่ 3

.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง “คอมพิวเตอร์แห่งอนาคต”

คำถามที่ 2/3 (วัดการประเมินและปรับปรุงแนวคิด)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

เนื่องจากคอมพิวเตอร์แห่งอนาคต เบื้องต้นมีการสร้างเพื่อใช้งานเป็นฐานข้อมูลสำคัญๆ แต่ในอนาคตการแฮกรหัสเข้าเครื่องก็ทำได้ง่ายขึ้น เพื่อนของนักเรียนจึงแนะนำว่าควรมีการป้องการเข้าใช้หรือเข้าถึงข้อมูล เขาเสนอสร้างระบบล็อคการใช้งานโดยการสแกนลายนิ้วมือ เมื่อมีคนอื่นเข้าใช้หรือสแกนลายนิ้วมือไม่ตรงกับที่ตั้งค่าไว้ จะมีการจะส่งการแจ้งเตือนไปที่โทรศัพท์ของเจ้าของเครื่องคอมพิวเตอร์

จงเสนอวิธีการปรับปรุงแนวคิดของเพื่อนในการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลจากบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น พร้อมกับคำอธิบายของนักเรียนจะต้องมีรายละเอียดที่เฉพาะเจาะจง โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องของแนวคิดของเพื่อน และเขียนอธิบายแนวคิดการพัฒนาหรือที่ได้ปรับปรุงแล้วของนักเรียน ลงในกรอบข้อความข้างล่าง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 7 นาที

แนวคิดวิธีการปรับปรุง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อที่ 4 ข้อสอบการแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง “คอมพิวเตอร์แห่งอนาคต”

คำถามที่ 3/3 (วัดการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่)

ให้เขียนคำตอบของนักเรียน ลงในพื้นที่ข้อความข้างล่างเพื่อตอบคำถาม

คอมพิวเตอร์แห่งอนาคต มีระบบทั้งหมดอยู่ภายในตัวเครื่องเดียวกัน เคสคอมพิวเตอร์จึงไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป

จงเสนอแนวคิดที่แปลกใหม่หนึ่งวิธีในการนำเคส คอมพิวเตอร์ไปใช้ซ้ำ หรือปรับเปลี่ยนการนำไปใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์อื่นให้เป็นแนวคิดที่แปลกใหม่ในแง่ที่คนส่วนใหญ่คิดไม่ถึง

ข้อแนะนำ ในการตอบคำถามข้อนี้ นักเรียนควรใช้เวลาไม่เกิน 6 นาที

แนวคิด

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

แบบบันทึกคะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง ครูผู้สอนตรวจแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นแบบทดสอบอัตนัยและบันทึกคะแนน 3, 2, 1 หรือ 0 ของนักเรียนรายบุคคล โดยพิจารณาคะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนผลงานที่อยู่ด้านล่างของตารางการประเมินนี้

องค์ประกอบที่ประเมิน	**คะแนนที่ได้**									
	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3	นักเรียนคนที่ 4	นักเรียนคนที่ 5	นักเรียนคนที่ 6	นักเรียนคนที่ 7	นักเรียนคนที่ 8	นักเรียนคนที่ 9	นักเรียนคนที่ 10
1. การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย										
1.1 การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย										
1.2 การแสดงแนวคิดด้วยภาพ										
1.3 การแก้ปัญหาด้านสังคม										
1.4 การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์										
รวมด้านการสร้างแนวคิดที่หลากหลาย										
2. การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่										
2.1 การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย										
2.2 การแสดงแนวคิดด้วยภาพ										
2.3 การแก้ปัญหาด้านสังคม										
2.4 การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์										
รวมด้านการสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่										
3. การประเมินและปรับปรุงแนวคิด										
3.1 การแสดงแนวคิดด้วยการเขียนบรรยาย										
3.2 การแสดงแนวคิดด้วยภาพ										
3.3 การแก้ปัญหาด้านสังคม										
3.4 การแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์										
รวมด้านการประเมินและปรับปรุงแนวคิด										
รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ทุกด้าน										

ตาราง แสดงโครงสร้างการให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบในการวัด	**คะแนนเต็ม**				**รวมคะแนน**
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	
การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	3	3	3	3	**12**
การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	3	3	3	3	**12**
การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	3	3	3	3	**12**
รวม	**9**	**9**	**9**	**9**	**36**

ตาราง แสดงเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับข้อสอบแต่ละข้อ

องค์ประกอบ	**เกณฑ์การให้คะแนน**	**คะแนน**
การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย	ตอบได้ตามที่โจทย์กำหนดและมีความแตกต่างจากกันโดยสิ้นเชิง	3
	ตอบได้ตามตามที่โจทย์กำหนดให้และมีความแตกต่างจากกันปานกลาง	2
	ตอบได้ตามที่โจทย์กำหนดและมีความแตกต่างจากกันน้อยหรือตอบได้น้อยกว่าที่โจทย์กำหนด	1
	ตอบไม่แตกต่างกันหรือไม่ตอบคำถาม	0
การสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่	คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน	3
	คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-4 คน	2
	คำตอบที่มีผู้ตอบ 5 คนขึ้นไป	1
	ไม่ตอบคำถาม	0
การประเมินและปรับปรุงแนวคิด	ปรับปรุงแนวคิดได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทยิ่งขึ้นเหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริงที่สุด	3
	ปรับปรุงแนวคิดได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทเหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริงระดับปานกลาง	2
	ปรับปรุงแนวคิดได้สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบทเหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริงได้น้อย	1
	ไม่ตอบคำถาม หรือ ปรับปรุงแนวคิดไม่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท	0

ตาราง แสดงเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ช่วงร้อยละ	**ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์**
80 - 100	ดีมาก
70 - 79	ดี
60 - 69	ปานกลาง
50 - 59	น้อย
0 - 49	ปรับปรุง

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก จ

ภาพแสดงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการเก็บข้อมูล

ภาพภาคผนวกที่ 1 แสดงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และการเก็บข้อมูล

ภาพภาคผนวกที่ 2 แสดงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสุวรรณา บุญเมือง
วัน เดือน ปี เกิด	8 กุมภาพันธ์ 2523
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช พ.ศ. 2545
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยการอาชีพวังไกลกังวล จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช