ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กรณ์ กูรมะสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กรณ์ กูรมะสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

EFFECTS OF STEM EDUCATION APPROACH ON PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT AND PROBLEM SOLVING ABILITIES OF GRADE 10th STUDENTS

KORN KOORAMASUWAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ กรณ์ กูรมะสุวรรณ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....
(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... กรรมการ
(ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์)

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

..... กรรมการ
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

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

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

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

62910110: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์, ความสามารถในการแก้ปัญหา

กรณ์ กูรมะสุวรรณ : ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (EFFECTS OF STEM EDUCATION APPROACH ON PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT AND PROBLEM SOLVING ABILITIES OF GRADE 10th STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ธนาวุฒิ ลาตวงษ์, กศ.ด., กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด. ปี พ.ศ. 2567.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน และการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยพบว่า

1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

62910110: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: STEM EDUCATION APPROACH, PROBLEM SOLVING ABILITIES, PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT

KORN KOORAMASUWAN : EFFECTS OF STEM EDUCATION APPROACH ON PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT AND PROBLEM SOLVING ABILITIES OF GRADE 10TH STUDENTS . ADVISORY COMMITTEE: THANAWUTH LATWONG, Ed.D. KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D. 2024.

This research aimed 1) to compare physics achievement of tenth grade students by using STEM Education approach between before learning and after learning 2) to compare physics achievement of tenth grade students by using STEM Education approach between before learning and 70 percent criteria 3) to compare problem solving abilities of tenth grade students by using STEM Education approach between before learning and after learning and 4) to compare problem solving abilities of tenth grade students by using STEM Education approach between before learning and 70 percent criteria. The participants were 40 tenth grade students who studied in the second semester of 2023 academic year at Darasamitr School. They were selected through the cluster random sampling.The research instruments were; 1) lesson plans using STEM Education approach, 2) physics achievement test and 3) problem solving abilities test. The data were analyzed by mean, standard deviation, dependent sample t-test and one sample t-test.
The research results were found as follows;

1) The posttest scores of physics achievement test of tenth grade students after learning with STEM Education approach were statistically significant higher than the pretest scores at the .05 level.

2) The posttest scores of physics achievement test of tenth grade students after learning with STEM Education approach were statistically significant higher than the 70 percent criteria at the .05 level.

3) The posttest scores of problem solving abilities of tenth grade students after learning with STEM Education approach were statistically significant higher than the pretest scores criteria at the .05 level.

4) The posttest scores of problem solving abilities of tenth grade students after learning with STEM Education approach were statistically significant higher than the 70 percent criteria at the .05 level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้ง 2 ท่าน เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี และกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ และกรรมสอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพพร โลมารักษ์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ อาจารย์ทวีโรจน์ กาวิชา และอาจารย์พิชญ์ตาภรณ์ จินดาสวัสดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ตลอดจนคณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่อลิสสา ชัยศิริ คุณพ่อสมโภชน์ กูรมะสุวรรณ พี่สาวหทัยชนก กูรมะสุวรรณ นส.นภัค ประเสริฐสิริสุขและครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ คอยสนับสนุนทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

กรณ์ กูรมะสุวรรณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

ตารางสารบัญ ..... ฎ

ตารางสารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 15

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 15

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 20

สมมติฐานการวิจัย 20

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 21

ขอบเขตการวิจัย 21

กรอบแนวคิดในการวิจัย 22

นิยามศัพท์เฉพาะ 23

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 28

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 28

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 37

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 54

ความสามารถในการแก้ปัญหา 64

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 77
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 81
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 81
รูปแบบการวิจัย 81
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 82
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 82
วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 97
การวิเคราะห์ข้อมูล 98
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 98
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล 102
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 102
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 103
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 103
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล 108
สรุปผลการวิจัย 109
อภิปรายผลการวิจัย 109
ข้อเสนอแนะ 114
บรรณานุกรม 115
ภาคผนวก 123
ภาคผนวก ก 124
ภาคผนวก ข 132
ภาคผนวก ค 179
ประวัติย่อของผู้วิจัย 265

ตารางสารบัญ

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 32

ตารางที่ 2 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง 35

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการให้คะแนนระดับผลการเรียน 63

ตารางที่ 4 การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา 73

ตารางที่ 5 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา 74

ตารางที่ 6 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้วิจัย 76

ตารางที่ 7 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design 82

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ น้ำหนัก และเวลาเรียนของหน่วยการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง 83

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์กระบวนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่สอดคล้องกับการบูรณาการ 4 สาขาวิชา และความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ 87

ตารางที่ 10 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ 90

ตารางที่ 11 การกำหนดโครงสร้างแบบวัดความสามารถการแก้ปัญหาจำแนกตามขั้นตอน 96

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน 103

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม ก่อนเรียนและหลังเรียน 104

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ 104

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 105

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 106

ตารางที่ 17 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 133

ตารางที่ 18 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 138

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด 144

ตารางที่ 20 การปรับแก้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 148

ตารางที่ 21 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 ข้อ 151

ตารางที่ 22 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 ข้อ 153

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของแบบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และ 155

ตารางที่ 24 การปรับแก้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง 157

ตารางที่ 25 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารในการแก้ปัญหาจำนวน 10 สถานการณ์ 159

ตารางที่ 26 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารในการแก้ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง จำนวน 6 สถานการณ์ 161

ตารางที่ 27 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน 164

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 1 171

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้172

ตารางที่ 30 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน (72 คะแนน) 173

ตารางที่ 31 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน (72 คะแนน).....175

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 3 176

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 4.....178

ตารางสารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....23

ภาพที่ 2 ความสัพพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 44

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพต่าง ๆ เพราะทุกคนใช้เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นเพื่อความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต ซึ่งเทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมาทั้งหมดล้วนเป็นผลมาจากความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ ทำให้มนุษย์นั้นพัฒนาวิธีคิดเชิงเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนโดยมีแบบแผนผ่านการตัดสินใจด้วยความรู้จำนวนมากและมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่พิสูจน์ได้ วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นโลกแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้เพื่อเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานของธรรมชาติผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากการสังเกต การสำรวจ และทำการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ สร้างทฤษฎี และพัฒนาแนวคิด เพื่อสร้างเทคโนโลยี ดังนั้นการเรียนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งให้ผู้เรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ให้มากที่สุด เพื่อให้ได้ทักษะกระบวนการและความรู้ในการดำรงชีวิต ทุกคนจึงต้องเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยี พร้อมนำความรู้ไปใช้พัฒนาอย่างเหมาะสม และมีคุณธรรม ในปัจจุบันควรมีการผสมผสานระหว่างวิชาและมีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการใช้ทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในชั้นเรียนเมื่อเทียบกับความต้องการในสังคม ซึ่งจะก่อให้เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำรงชีพและนำมาซึ่งการพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (อุปการ จีระพันธุ์, 2556:35)

โดยแนวคิดเกี่ยวกับทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีผลให้กระบวนการจัดการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป การเรียนรู้ทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดขั้นสูง เช่น คิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ คิดแบบวิจารณญาณ รวมทั้งการพัฒนาสมรรถนะในการสื่อสาร ทักษะการอยู่ร่วมกันด้วยความร่วมมือ การใช้เทคโนโลยีช่วยในการสืบเสาะหาความรู้ จึงส่งผลให้แนวโน้มการจัดการเรียนรู้ต้องให้ความสำคัญกับการบูรณาการรวมทั้งศาสตร์ในด้านต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนกับชีวิตจริง ทำให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายต่อผู้เรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนอย่างถูกต้องจะเห็นคุณค่าและประโยชน์ของการเรียนอันนำไปสู่การประยุกต์ใช้ได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556:49) โดยการนำความรู้มาประยุกต์ใช้กับในชีวิตจริงนั้นมักจะต้องเผชิญกับปัญหาซึ่งจะต้องใช้หนึ่งในทักษะที่จำเป็นของมนุษย์ คือ ทักษะการแก้ปัญหา

เพื่อแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายเพื่อเตรียมความพร้อมบุคคล โดยเฉพาะผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีการมุ่งมั่นพัฒนาด้านความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ พร้อมกับใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2553:2) โดยการส่งเสริมการบูรณาการทักษะชีวิตไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิต ซึ่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) มาตรา 22 ,23 และ 24 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถและพัฒนาตนเองได้ โดยเน้นให้จัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ กระบวนบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาที่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้จะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเพราะนักเรียนเรียนรู้จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ด้วยวิธีการที่เหมาะสมนั้น สามารถฝึกทักษะ พัฒนาการคิด การจัดการ จากการเผชิญเหตุการณ์ และประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาที่ต้องเผชิญได้ทุกสถานการณ์ (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช, 2553)

ฟิสิกส์เป็นหนึ่งในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ที่ถูกบรรจุ ไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื่องจากวิชาฟิสิกส์เป็นหัวสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ (เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556:1) และในระบบการศึกษาในประเทศไทยได้บรรจุวิชาฟิสิกส์ไว้ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในสาระการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลักการกฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้น ฐานของวิชาฟิสิกส์สามารถนำไปใช้ไปแก้ปัญหาและประยุกต์ ใช้ในด้านต่าง ๆ แต่สภาพการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนส่วนใหญ่ยังคงสอนในรูปแบบการสอนตามตำราที่เน้น การท่องจำผู้สอนไม่สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนความคิดจึงทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่สำคัญทางฟิสิกส์ นอกจากนั้น บุญรัตน์ จันทร (2558) แนะนำว่าการจัดการเรียนรูปแบบของการบรรยายเพื่อสรุปใจความสำคัญให้กับนักเรียนโดยตรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและสามารถสอบเข้าในระดับอุดมศึกษาได้แต่การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดนอกกรอบและเล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน และวิธีสอนมุ่งถ่ายทอดความรู้โดยการบรรยายเนื้อหาตามหนังสือ แบบเรียนแล้ววัดผลจากความรู้นั้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เนื่องจากไม่สามารถนำความรู้ในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหาที่ต้องการวัดและและยังขาดประสบการณ์ในการลงมือปฏิบัติวิธีการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันด้วยตนเอง นอกจากนี้การสอนแบบเดิมครูให้ความรู้เฉพาะความรู้ส่วนที่เป็น

ข้อเท็จจริง แต่ไม่ได้ให้ความรู้ที่เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการเรียนรู้และการดำรงชีวิต สอดคล้องกับการที่ประเทศไทยได้เข้าโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for international Student Assessment หรือ PISA) นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมิน PISA 2015 ที่มีผลการประเมินของนักเรียนไทยด้านการอ่าน 409 คะแนน ส่วนด้านคณิตศาสตร์ 415 คะแนน และวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน กับ PISA 2018 โดยการทดสอบ PISA จะเป็นการทดสอบการวัดและประเมินด้านการอ่าน ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิทยาศาสตร์ ไปพร้อมกันพบว่า ผลการประเมิน PISA 2018 ของประเทศไทย นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการอ่าน 393 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 487 คะแนน) คณิตศาสตร์ 419 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) และวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) (สสวท, 2561) ซึ่งด้านการอ่านมีคะแนนลดลง 16 คะแนน ส่วนด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีคะแนนเพิ่มขึ้น 4 คะแนน และ 5 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งในการทดสอบทางสถิติถือว่าด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับรอบการประเมินที่ผ่านมา จากผลคะแนน PISA ข้างต้นที่ได้สะท้อนให้เห็นว่าคะแนนวิทยาศาสตร์มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OCED ซึ่งทำให้เห็นว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ค่อนข้างต่ำจึงส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่ต่ำ ไม่เพียงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติเท่านั้นที่ชี้ให้เห็นถึงภาวะถดถอยของการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยซึ่งจะเห็นได้จากการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary nation educational testing หรือ O-NET) ซึ่งเป็นการประเมินคุณภาพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั่วประเทศ โดยประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตามมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความสามารถ มีทักษะกระบวนการที่จำเป็นในการดำรงชีวิต (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2555) ผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของนักเรียนทั่วประเทศมีค่าเฉลี่ย 30.51 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2561) จากผลการประเมิน PISA,O-NET และการจัดการเรียนการสอนที่ยังไม่ประสบความสำเร็จที่ดีเท่าที่ควร จึงสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำ เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลโดยตรงจากที่นักเรียนไม่สามารถที่จะนำความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้จึงควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีความรู้ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหา โดยที่มุ่งเน้นให้

นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาจากหลักสูตรเพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถาม หรือการแก้ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ (สสวท, 2560)

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นที่เกิดขึ้นกับการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาฟิสิกส์ควรพัฒนาและเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรให้นักเรียนได้เรียนรู้องค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เน้นในด้านการปฏิบัติจริง เพราะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น ไม่ใช่แค่การเรียนรู้เพื่อที่จะท่องจำเนื้อหาต่าง ๆ แต่นักเรียนควรจะต้องมีบทบาทหน้าที่สำคัญในการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะต้องมีการสืบค้นข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อที่จะนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เผชิญได้อย่างถูกต้อง ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ได้

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ข้ามสาขาทั้ง 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาให้มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงในการดำรงชีวิตหรือการประกอบอาชีพเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในชั้นเรียนกับบริบทโลกของความเป็นจริง เกิดทักษะสำคัญเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมและการนำมาซึ่งการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาขีดความสามารถของประเทศ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556:35) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม เป็นกระบวนการเชิงระบบแบบวิทยาศาสตร์ที่นำมาเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้การสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงาน จากการคิดค้น การแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ซึ่งสามารถเตรียมความพร้อมสำหรับนักเรียน โดยนำสิ่งที่เรียนรู้ในระบบโรงเรียนไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป้าหมายหลักในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) คือเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่บูรณาการให้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มุ่งเน้นการแก้ปัญหาการออกแบบผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ แต่มีแนวคิดหลัก ๆ คือ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) ศึกษาแนวทางแก้ปัญหา 3) ออกแบบและลงมือปฏิบัติ 4) ประเมินผลแล้วจึงนำเสนอผลงานและนอกจากนี้ สะเต็มศึกษายังมุ่งฝึกทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และเพื่อสร้างกำลังคนด้านสะเต็มหรือเรียกว่า STEM workforce นั่นเอง (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2557:56) คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรและคณะกรรมการขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในสถานศึกษา ได้มีการกำหนดขั้นตอนของกิจกรรมเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ในรูปแบบของสะเต็มศึกษา ได้แก่ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาในชีวิตจริง/นวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องขั้นที่ 3 ออกแบบ

วิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา (สสวท., 2559:ออนไลน์) ซึ่งสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาในชีวิตประจำวัน และการจูงใจจากสถานการณ์การเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหา (Asunda, 2015) เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหานั้น ทำให้นักเรียนค้นพบความรู้และทักษะทางสะเต็มศึกษาผ่านวิธีการและเทคนิคการแก้ปัญหาที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเอง อันได้แก่ ทฤษฎี กระบวนการการออกแบบและนำเสนอความคิดสำคัญที่ซ่อนอยู่ (Mitts, 2016:34) ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ ความสัมพันธ์กันของสะเต็มศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาสังคม โดยความคิดเช่นนี้จะพัฒนาขึ้นผ่านกระบวนการเรียนรู้ (Asunda, 2015:9) ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนจากที่กล่าวมาข้างต้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาถือเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้ ดังเช่นงานวิจัยของ กรวิทย์ เกื้อคลัง และคณะ (2561) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 งานวิจัยของธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตและคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 79.03/78.47 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 75/75 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของสุดารา ทองแหยม (2566) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสรวีย์ นาคเกษม (2564) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

จากสภาพปัญหาและการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา เนื่องการการวิจัยในเนื้อหาดังกล่าว ณ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ยังไม่มีใครเคยทำมาก่อน โดยการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ เพื่อที่จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบันและเพื่อการพัฒนานักเรียนด้านสมรรถนะและลักษณะอันพึงประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งยังสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานการวิจัย

1. คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและนำความรู้มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3. เป็นแนวทางให้ครูและผู้ที่สนใจ ได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ใน

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน 80 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน โดยได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

2.2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

3. เนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เนื้อหาสาระฟิสิกส์ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ในวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งออกเป็น 2 เรื่อง ดังนี้

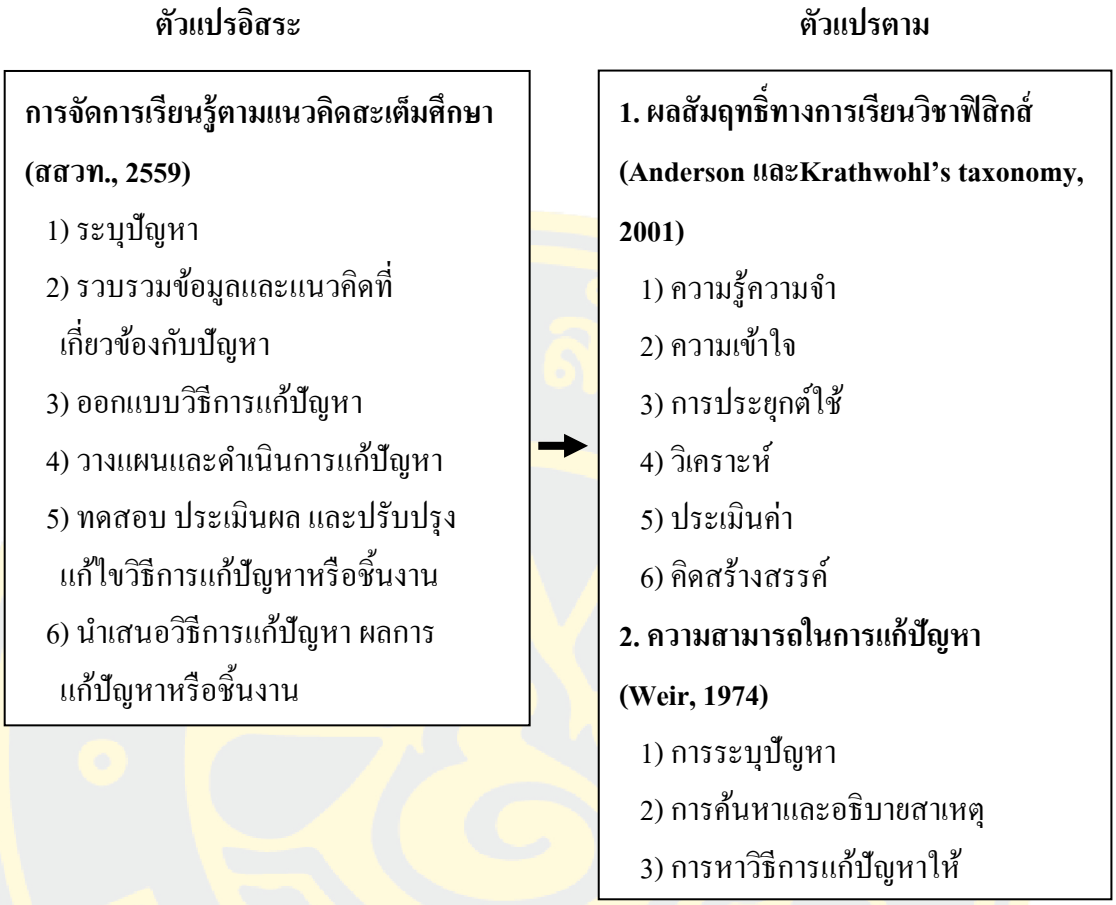
3.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	8	คาบ
3.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม	8	คาบ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ใช้เวลาในการดำเนินการวิจัยทั้งหมด 20 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบด้วยทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ ทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 16 คาบ และการทดสอบหลังเรียน 2 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อให้มีความเชื่อมโยงกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้อย่างมีระบบ ควบคู่ไปกับการฝึกความสามารถการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมต่าง ๆ โดยเน้นการนำเสนอเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง และการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ให้แก่ผู้เรียน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2557:5) เนื่องจากแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นเป็นการจัดการเรียนการสอนที่นำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงกับกระบวนการเรียนรู้ทำให้เกิดการสร้างสรรค์ผลงาน จากการแก้ปัญหา สร้างองค์ความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งจะสามารถเตรียมความพร้อมสำหรับนักเรียน ที่จะให้นักเรียนได้นำความรู้จากในโรงเรียนไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง โดยผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2559) เพื่อใช้ในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาโดยสามารถวัดพฤติกรรมเหล่านั้นได้ โดยยึดพฤติกรรมตามหลักของ Anderson และ Krathwohl’s taxonomy (2001) และความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของเวียร์ (Weir, 1974) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์โดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตเพื่อการพัฒนาตนเอง โดยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2559) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

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

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย โดยสามารถวัดพฤติกรรมเหล่านั้นได้ ตามแนวคิดของ Anderson และ Krathwohl’s taxonomy (2001) ได้นำแนวคิดของ Bloom Taxonomy มาจัดเรียงแนวคิดการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งได้แก่ 6 ด้าน ดังนี้

2.1 ความรู้ความจำ (remembering) หมายถึง การดึงข้อมูลจากหน่วยความจำการระลึกได้ การจำความรู้จากหน่วยความจำ การจำเกิดขึ้นเมื่อหน่วยความจำถูกดึงมาผลิตคำนิยามข้อเท็จจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในความทรงจำ

2.2 ความเข้าใจ (understanding) หมายถึง การสร้างความหมายจากรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถเขียนหรือวาดรูปกราฟสื่อถึงการตีความการยกตัวอย่าง การจัดจำแนก การสรุปความ การเปรียบเทียบ และการอธิบายได้

2.3 การประยุกต์ใช้ (applying) หมายถึง การดึงหรือการใช้วิธีการโดยผ่านการประมวลผลการประยุกต์ใช้เกี่ยวข้องและอ้างอิงถึงสภาพการณ์ที่ข้อมูลถูกนำออกมาใช้ได้ผลผลิต เช่น รูปแบบการนำเสนอผลงาน

2.4 วิเคราะห์ (analysis) หมายถึง แยกแยะข้อมูลหรือความคิดควบยอดออกเป็นส่วน ๆ แล้วพิจารณาว่ามีส่วนใดสัมพันธ์กันหรือเกี่ยวข้องกันด้วยโครงสร้างหรือด้วยจุดประสงค์เดียวกัน สมองจะดำเนินการแยกแยะ จัดระบบและแยกเป็นส่วน ๆ รวมทั้งสามารถแยกความแตกต่าง

ระหว่างองค์ประกอบได้ เมื่อผู้เรียนสามารถวิเคราะห์เขาจะแสดงการทำงานของสมองโดยการสร้างความคิดที่แยกแยะประเด็นสำรวจแล้วแสดงเป็น ผังภาพ แผนภูมิ หรือแผนผัง

2.5 ประเมินค่า (evaluating) หมายถึง การตัดสินใจภายใต้เกณฑ์และมาตรฐานผ่านการตรวจสอบและผลผลิตที่สามารถแสดงกระบวนการของการประเมินขั้นประเมินนี้มาก่อนขั้นคิดสร้างสรรค

2.6 คิดสร้างสรรค์ (creating) หมายถึง เป็นการนำเอาความรู้ที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกัน และจัดระบบใหม่ไปสู่รูปแบบหรือโครงสร้างจนก่อกำเนิดผลผลิต การคิดสร้างสรรค์ต้องการการนำส่วนต่าง ๆ ของความรู้มารวมเข้าด้วยกันเป็นวิธีการใหม่หรือสิ่งใหม่ กระบวนการสมองจะทำงานยากที่สุด

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง การนำความรู้ ความเข้าใจที่เคยได้เรียนรู้มาก่อนประยุกต์ความรู้มาใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหานำไปสู่การบรรลุคำตอบโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยใช้ขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาของเวียร์ (Weir, 1974) โดยเวียร์ได้เสนอขั้นตอนของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ระบุไว้ 4 ด้าน ดังนี้

3.1 การระบุปัญหา (Statement of the Problem) หมายถึง ความสามารถในการบอกปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

3.2 การค้นหาและอธิบายสาเหตุ (Defining the Problem or Distinguishing Essential) หมายถึง ความสามารถในการบอกสาเหตุที่แท้จริงที่ เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

3.3 การหาวิธีการแก้ปัญหา (Searching for and Formulating a Hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการหาวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสาเหตุของ ปัญหามากที่สุด แล้วสรุปออกมาในรูปสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบหรือเสนอรูปแบบการค้นคว้า และ ทดลองเพื่อหาคำตอบ

3.4 การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา (Verifying the Solution) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้วิธีการแก้ปัญหาว่าผลที่เกิดขึ้นนั้นสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุหรือไม่ หรือผลที่ได้จะเป็นอย่างไร และนำไปใช้ได้อย่างไร

4. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง เป็นเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งวิเคราะห์ได้จากคะแนนของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนและแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งจะแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับดี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

5. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หมายถึง เครื่องมือวัดความสามารถของแต่ละบุคคลจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นแบบ ปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ เพื่อทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) โดยวัดระดับความสามารถได้ตามแนวคิดของ Anderson และ Krathwohl's taxonomy (2001) 6 ด้านดังนี้ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) วิเคราะห์ 5) ประเมินค่า 6) คิดสร้างสรรค์

6. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง เครื่องมือวัดความสามารถของแต่ละบุคคลจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามขั้นตอนในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์ มีคำถามสถานการณ์ละ 4 ข้อรวม 24 ข้อ เพื่อทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และหลังเรียน (Posttest) โดยวัดผู้เรียนวัดกระบวนการแก้ปัญหาได้ตามขั้นตอนของเวียร์ (Weir, 1974) ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ 3) การหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ 4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.1 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
   2.1 ความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   2.2 ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา
   2.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   2.5 บทบาทของผู้สอนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
   2.6 ประโยชน์จากการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   3.2 ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   3.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
4. ความสามารถในการแก้ปัญหา
   4.1 ความหมายของปัญหา
   4.2 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา
   4.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา
   4.4 ขั้นตอนกระบวนการในการแก้ปัญหา
   4.5 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   5.1 งานวิจัยในประเทศ
   5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีรายละเอียดของการจัดสาระการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 4-5) ดังนี้

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

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

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการ และความสำคัญ ของการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทาง ชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลัก และธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลง และการถ่ายโอน พลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสาร และพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของ เอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อ สิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี เพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจ และใช้แนวคิดเชิงคำนวณ ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติ และหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลาย ของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการ ตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง

การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับ การรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและ การหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของ สารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยา รีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการ ความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหา ทางเคมี

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณ และกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุงาน และ กฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. การเข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียง และการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรงพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทน เป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ การสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพ ยืดหยุ่นของวัสดุและมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักอาร์คิมีดีส ความตึงผิว และแรงหนืดของของเหลว ของไหลในอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของ แก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโต อิเล็กทริก ทวิภาวะ ของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์ อนุภาค รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และ การนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียน ของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในวิชาฟิสิกส์ และศึกษาคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนดารา สมุทร ศรีราชา ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา ว 31202 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ศึกษางาน กำลัง พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น พลังงานกล กฎการอนุรักษ์พลังงานกล กฎสากลของการอนุรักษ์พลังงาน ประสิทธิภาพ และ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัม การเปลี่ยนโมเมนตัม การดลและแรงดล การชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติ ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การหมุน ความเร็วเชิงมุม และความเร่งเชิงมุม ทอร์ก กับการเคลื่อนที่แบบหมุน โมเมนต์ความเฉื่อย พลังงานจลน์ของการหมุน โมเมนตัมเชิงมุม และอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเชิงมุม การทำงานในการหมุน การแกว่งของวัตถุ สภาพสมดุล เงื่อนไขของสมดุล โมเมนต์ของแรงหรือทอร์ก โมเมนต์ของแรงคู่ควบ การเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์ และแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของ

การเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวล ของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ การทดลอง การแก้ปัญหา การเขียนแผนภาพ และการอภิปราย

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่รู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

โครงสร้างรายวิชา ฟิสิกส์ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนดาราสมุทร โดยอ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้มีการกำหนดโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้บทที่	**เรื่อง**	**ผลการเรียนรู้**	**เวลา (คาบ)**
4 สมดุลกล (14 คาบ)	สมดุลกล	- อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำ ต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำ นวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง - สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำ ต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	1
	ศูนย์กลางมวลและศูนย์ถ่วง		2
	สมดุลต่อการเคลื่อนที่		4
	สมดุลต่อการหมุน		5
	เสถียรภาพของวัตถุ		2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้บทที่	เรื่อง	ผลการเรียนรู้	เวลา (คาบ)
5 งานและพลังงาน (20 คาบ)	งานเนื่องจากแรงคงตัว	- วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย - อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ แรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวม ทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจาก แรงลัพธ์ - อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล - อธิบายการทำ งาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการ ได้เปรียบเชิงกล	2
	งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว		1
	กำลัง		1
	พลังงานกล		10
	การอนุรักษ์พลังงานกล		3
	เครื่องกล		3

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้บทที่	**เรื่อง**	**ผลการเรียนรู้**	**เวลา (คาบ)**
6 โมเมนตัมและการชน (18 คาบ)	โมเมนตัม	- อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	1
	แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม		3
	การดล	- ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	3
	การอนุรักษ์โมเมนตัม		1
	การชนและการดีดตัวแยกจากกัน		10
7 การเคลื่อนที่แนวโค้ง (16 คาบ)	การเคลื่อนที่แบบโพเจกไทล์	- อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	8
	การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของ ดาวเทียม	8
		รวม	**68 คาบ**

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาตามแนวคิดสะเต็ม 2 สาระการเรียนรู้ ได้แก่ 1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2. การเคลื่อนที่แบบวงกลม วิชาฟิสิกส์ 2 ภาคเรียนที่ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอรายละเอียดของผลการเรียนรู้ และเวลาเรียน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

ผลการเรียนรู้	เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (คาบ)
1. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- ทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับกับการกระจัดในแนวดิ่ง - อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล	8
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและ	- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- ทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับคาบ แรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของ การเคลื่อนที่แบบวงกลม - อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่เกี่ยวข้องกับแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร่งสู่ศูนย์กลาง และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้นกับอัตราเร็วเชิงมุม - หาแรงลัพธ์ที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบวงกลม - นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม	8

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (คาบ)
ประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม		- นำหลักของการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์บนถนนโค้ง - ประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายและคำนวณการโคจรของดาวเทียม	
	รวม		**16**

สาระสำคัญ

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile motion) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในสองมิติที่มีแนวการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งพาราโบลา การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ในสองแนว ที่ตั้งฉากกันและเป็นอิสระต่อกัน โดยแนวหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว และอีกแนวหนึ่งเคลื่อนที่ด้วย ความเร็วคงตัว ทั้งนี้โดยมีปริมาณที่ใช้ร่วมกันคือ เวลา เนื่องจากเป็นวัตถุก้อนเดียวกัน กรณีวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่มีความเร่งในแนวแกน y คงตัว และมีความเร็วในแนวแกน x คงตัว สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

ในแนวแกน y $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$

$v_y = u_y + a_y t$

$v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$

และ $\Delta y = \left(\frac{u_y + v_y}{2}\right) t$

ในแนวแกน x $\Delta x = u_x t$

สำหรับกรณีวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกโดยไม่คิดแรงต้านอากาศ วัตถุจะมีความเร่งในแนวดิ่งคงตัวซึ่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก $(a_y = -g)$ และการเคลื่อนที่ในแนวระดับจะมีความเร็วคงตัว

2. การเคลื่อนที่แบบวงกลม (circular motion) เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุในสองมิติที่มี เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม สำหรับการศึกษาในชั้นนี้เน้นการศึกษา

การเคลื่อนที่ **แบบวงกลมสม่ำเสมอ (uniform circular motion)** ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่มีอัตราเร็วคงตัว ไม่มีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวสัมผัสเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่มีแรงกระทำต่อวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางหรือ แรงในแนวตั้งฉากกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เรียกว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force)** คำนวณได้จาก สมการ

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

การเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถอธิบายได้ด้วย**อัตราเร็วเชิงมุม (angular speed)** ซึ่งคือ มุมระนาบ ที่รัศมีกวาดไปได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ใช้สัญลักษณ์ ω มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s) โดยอัตราเร็ว เชิงมุมมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ

$$v = \omega r$$

จะได้แรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมตามสมการ

$$F_c = m\omega^2 r$$

การโคจรของดาวเทียมรอบโลกที่มีการเคลื่อนที่แบบวงกลมจะมีแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่าง มวลของดาวเทียมกับโลกทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางทำให้ดาวเทียมยังโคจรอยู่ได้ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ดาวเทียมบางชนิดโคจรไปทางเดียวกันกับโลกด้วยอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากันกับโลก และมีคาบการโคจร เท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก ดาวเทียมจึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้บนพื้นโลกตลอดเวลา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกาเนื่องด้วยการขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา (National Research Council, 2012) นอกจากนี้นักเรียนในสหรัฐอเมริกามีผลการทดสอบ PISA ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าหลาย ประเทศ นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีจำนวนลดลง ส่งผลให้กำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ลดลง จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกาขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นรัฐบาลของสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดนโยบายการศึกษาที่เน้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยมี

เป้าหมายเพื่อยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น ควบคู่กับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นำไปสู่การพัฒนาพลเมืองของชาติให้มีคุณภาพ (Rachel, 2008)

จากความเป็นมาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้น จึงมีนักการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ได้ระบุถึงเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

Vasquez, Comer and Sneider (2013) ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในโลกที่มีความเจริญทางด้านเทคโนโลยีสูงและเป็นผู้รู้สะเต็ม (STEM literacy)

National Research Council (2012) ได้ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ การพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้สะเต็มซึ่งหมายถึงการมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดและกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ประกอบด้วย 3 มิติ ดังนี้

1.1 ความรู้ในความจริง หลักการ กฎ และทฤษฎี

1.2 ความสามารถในการเชื่อมโยงความคิดต่าง ๆ ข้ามสาขาวิชาได้

1.3 การปฏิบัติและการคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ในเรื่องธรรมชาติ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง

2. การรู้เทคโนโลยี (technological Literacy) หมายถึง ความสามารถในการใช้ จัดการ เข้าใจ และประเมิน เทคโนโลยีได้ นอกจากนี้เทคโนโลยียังหมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ เพื่อเติมเต็มหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3. การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (engineering literacy) หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุ เป้าหมายโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4. การรู้คณิตศาสตร์ (mathematical Literacy) หมายถึง ความสามารถส่วนบุคคลในการระบุและเข้าใจกฎทาง คณิตศาสตร์ โดยผู้รู้คณิตศาสตร์ต้องสามารถตัดสินเลือกใช้กฎต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผล

Honey, Pearson and Schweinguber (2014) ได้เสนอรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการรู้สะเต็ม อันเป็นเป้าหมายหลักของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. มีความตระหนักถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญขององค์ความรู้ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันได้

2. มีความคุ้นชินต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของแนวคิดสะเต็มศึกษากับปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. มีการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการทำงานในอาชีพต่าง ๆ กล่าวคือ นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะของสะเต็มในการแก้ปัญหาและประกอบอาชีพ ได้อย่างเหมาะสม โดยต้องมีความตระหนักถึงความสำคัญของความรู้และทักษะของสะเต็มต่อการ ประกอบอาชีพด้วย

Capraro et al. (2013: 34) ได้กล่าวถึง เป้าหมายของการพัฒนานักเรียนโดยใช้การจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1. มุ่งพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือรวมพลัง

2. มุ่งส่งเสริมนักเรียนให้สร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งการส่งเสริมความสนใจทางด้าน วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน

จากสภาพปัญหาการขาดกำลังคนทางด้านสะเต็มของประเทศไทยดังกล่าว จึงส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดย National Science and Technology Development Agency (NSTDA) ได้จัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ผลการจัดอันดับในปี 2558 ระบุว่า ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 25 จาก 61 ประเทศเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมนักเรียนให้สามารถดำรงชีวิตและเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคแห่ง ความเป็นโลกาภิวัฒน์ และเป็นสังคมข้อมูลข่าวสาร มีการขยายตัวทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบริการ มีการแข่งขันในด้านเศรษฐกิจ และมีความต้องการแรงงานที่มีความคิดสร้างสรรค์ (เขมวดี พงษานนท์ และกวิน เชื่อมกลาง, 2557)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติ ดังที่คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ (2558) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาคนในการ สร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งช่วยนำพาประเทศให้มีขีดความสามารถในการยกระดับ เศรษฐกิจให้ก้าวข้ามจากประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลางสู่ระดับสูง ดังนั้นการส่งเสริมให้เยาวชน หรือคนรุ่นใหม่ให้สนใจด้านสะเต็มศึกษาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้การกระตุ้นให้สังคม ตระหนักถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา ก่อให้เกิดกลไกในการพัฒนากำลังคนด้าน

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งช่วยผลักดันให้เกิดนโยบายแห่งชาติเพื่อรองรับระบบนวัตกรรมของ ประเทศได้

จากความสำคัญในการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติข้างต้น กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดมาตรการสะเต็มศึกษาในการยกระดับคุณภาพทางการศึกษาไว้ 4 ประการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนวิธีสอนในโรงเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในทุกระดับชั้น

2. ยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้เท่าเทียมนานาชาติ

3. พัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาและเอกสารกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อให้สถานศึกษาและครูใช้เป็นแนวทาง

4. สร้างกำลังคนสายอาชีพสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพให้กับประเทศชาติ

ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายแตกต่างกัน ดังนี้

Gonzalez และ Kuenzi (2012:Summary) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าคือ การเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น ในห้องเรียน และไม่เป็นทางการ เช่น โปรแกรมแบบฝึกหัด

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556:16) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรเพียง อย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ศานิกานต์ เสนีวงศ์ (2556:30) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่าเป็น แนวการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556:49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557:4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็น แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มารบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และขณะเดียวกันต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบการคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

ชลาธิป สมาหิโต (2557:1) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่าเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ - วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชาและ กระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ ที่สำคัญและจำเป็นอีกทั้งยังตอบสนองต่อการดารงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและโลกอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยให้ผู้เรียนใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการดำรงชีวิตเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ ซึ่งผู้เรียนต้องคิดแก้ปัญหาจากเหตุการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น โดยใช้เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ มาบูรณาการ ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ภายในห้องเรียนหรือเนื้อหาภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต

องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

จากความหมายของสะเต็มศึกษาข้างต้น ชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญของ สะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งมี หน่วยงานและนักการศึกษาได้ให้นิยามในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2554) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของ สะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากปรากฏการณ์ ธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ หรือวิชาที่ค้นคว้าได้ด้วยหลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าระเบียบ

2. เทคโนโลยี คือ วิทยาการที่นำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม

3. วิศวกรรมศาสตร์ คือ วิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้

4. คณิตศาสตร์ คือ วิชาที่ว่าด้วยการคำนวณ (คำนวณ คือ การคิดหาเหตุผลด้วยวิธี เลข)

Reeve (2015) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้

1. วิทยาศาสตร์ คือ การศึกษาสิ่งที่มีอยู่ในโลกของธรรมชาติ ประกอบด้วย กฎของธรรมชาติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โดยวิทยาศาสตร์หมายรวมถึงองค์ความรู้ที่เกิดจากการ สะสมมาเป็นเวลานาน รวมทั้งกระบวนการสร้างองค์ความรู้ใหม่

2. เทคโนโลยี คือ การปรับเปลี่ยนสิ่งที่มีอยู่ในโลกธรรมชาติเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ นอกจากนี้เทคโนโลยียังเป็นการนำนวัตกรรมมาใช้ในการสร้างความรู้และใช้ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา ตลอดจนใช้ในการขยายศักยภาพของมนุษย์ ดังนั้นเทคโนโลยีอาจหมายถึงการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใช้ในการอำนวยความสะดวกในการแก้ปัญหาหรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ มาใช้สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา

3. วิศวกรรมศาสตร์ คือ การประยุกต์คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อสร้าง เทคโนโลยี โดยวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ กระบวนการ และระบบ ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4. คณิตศาสตร์ คือ การใช้เลขจำนวน สมการ ฟังก์ชัน รูปร่างเรขาคณิต แบบแผน และความสัมพันธ์ โดยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษา

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2558) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของเต็มศึกษา รวมทั้ง ยกตัวอย่างประกอบ โดยเน้นอธิบายด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งระบุไว้ดังนี้

1. วิศวกรรมศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่ต้องทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์ผ่านคณิตศาสตร์ โดยมีเทคโนโลยีเป็นเป้าหมาย โดยทำงานภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ให้เกิดระบบการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

2. เทคโนโลยี ในบริบทของแนวคิดสะเต็มศึกษามี 2 แบบ ดังนี้

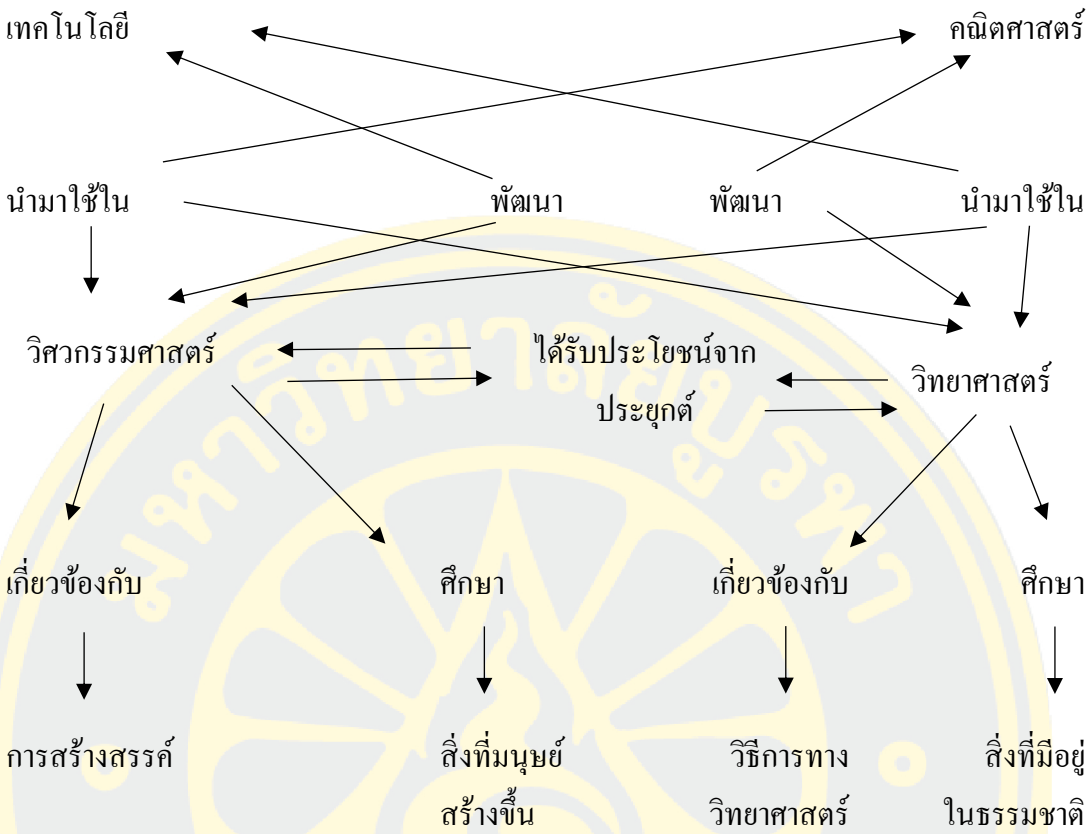
แบบที่ 1 เทคโนโลยีเป็นผลปลายทางของวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งหมายถึง สิ่งประดิษฐ์ที่ทำงานแก้ปัญหาได้โดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่จัดเป็นเทคโนโลยีนั้น ต้องระบุคำถาม สำคัญ 5 ข้อได้ อันได้แก่ 1) สิ่งประดิษฐ์เดิมคืออะไร 2) สิ่งประดิษฐ์เดิมมีข้อด้อยอะไรที่ต้องการแก้ไข และเลือกแก้อะไร เพราะอะไร 3) หลักการที่ใช้แก้ข้อต่อยมีอะไรบ้าง และเลือกหลักการใด เพราะ อะไร 4) มีวิธีนำหลักการไปประยุกต์เข้าสู่สิ่งประดิษฐ์ได้อย่างไร 5) มีวิธีพิสูจน์อย่างไรว่าสิ่งประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาดีกว่าแบบเดิมแล้ว

แบบที่ 2 เทคโนโลยีเป็นการที่วิศวกรนำเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้ว มาใช้ประโยชน์ในการสร้างหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เช่น การใช้เทคโนโลยี GPS มาใช้พัฒนาเป็นนวัตกรรมการติดตามรถโดยสาร หรือการนำเทคโนโลยีการเคลื่อนฟิล์มไทเทเนียมออกไซด์มาใช้ทำที่จับประตูฆ่าเชื้อได้เอง สิ่งเหล่านี้ จัดเป็นเทคโนโลยีที่ถูกใช้โดยวิศวกรรมศาสตร์

เมื่อพิจารณาบริบทของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมัธยมศึกษาแล้ว นิยามของเทคโนโลยีในองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ควรจะเป็นแบบที่ 2 คือ การเรียนรู้และนำเทคโนโลยีมาใช้แก้ปัญหาให้เป็น ซึ่งส่งเสริมการรู้เทคโนโลยี

โดยสรุปแล้ว วิชาต่าง ๆ ที่อยู่ในองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาล้วนแต่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ อาจกล่าวได้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวคิดในการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อแก้ปัญหาผ่านกระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม ผลงานที่ได้ออกมานี้จัดเป็นเทคโนโลยีเช่นกัน เพราะเป็นผลมาจาก กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

จากการศึกษาองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา สะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัพพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์
ที่มา: Thornburg, 2008

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ทั้ง 4 สาขาวิชา มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน กล่าวคือ วิทยาศาสตร์ได้รับประโยชน์จากการสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการทางวิศวกรรม ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์ต้องอาศัยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ต้องอาศัยเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์มาใช้เป็น เครื่องมือในการศึกษา โดยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ยังส่งผลต่อความเจริญก้าวหน้าและการพัฒนาทางเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ (Thornburg, 2008) เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่าง วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในแง่มุมของการปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่า วิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ในขณะที่วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการศึกษาสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อ สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การสร้าง

ทฤษฎี โดย National Research Council (2012) ได้เปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. การตั้งคำถามและนิยามปัญหา

การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการคำถามที่มีต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อหา คำตอบ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อพิสูจน์ยืนยันคำตอบ เพื่อนำไปสู่การสร้างทฤษฎี ในขณะที่การปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นการทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อหาทางแก้ไขที่เหมาะสมกับบริบทหรือเหตุการณ์นั้น กล่าวคือ วิธีการแก้ปัญหาต้องสามารถบรรลุผลเป้าหมายได้ตามเกณฑ์สอดคล้องกับข้อจำกัดของบริบทนั้น เช่น งบประมาณ ระยะเวลา ความปลอดภัย

2. การพัฒนาและใช้แบบจำลอง

การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในปรากฏการณ์นั้น ๆ นำไปสู่การตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน ในขณะที่การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นการใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องของวิธีการถแก้ปัญหา และทดสอบความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

3. เป้าหมายของการปฏิบัติการ

การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายเพื่อการสร้างทฤษฎีที่สามารถให้คำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติโดยทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับต้องอธิบายได้ดีกว่าทฤษฎีเดิม นำมาซึ่งความเข้าใจสิ่งที่ ศึกษามากขึ้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายโนปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้และความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้หลักฐานที่มีอยู่ ในขณะที่การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์มีเป้าหมาย เพื่อออกแบบและสร้างผลงานขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดย วิธีการแก้ปัญหาต้องคำนึงถึงต้นทุน ค่าใช้จ่าย ความปลอดภัย จรรยาบรรณ และระเบียบกฎหมาย ดังนั้นจึงไม่มีวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด แต่มีวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดกับบริบทหรือสถานการณ์ในขณะนั้น

กล่าวโดยสรุปการปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์จะต้องมีความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยวิศวกรจะประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากปัญหาเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดและเกิดการสร้างสรรค์จากสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ขณะที่นักวิทยาศาสตร์เน้นการตั้งคำถามเพื่อสร้างคำอธิบายนำไปสู่ การสร้างทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์และสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ แต่ทั้งวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีสิ่งที่เหมือนกัน คือ การใช้เหตุผลในการสนับสนุน กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมินผล และการสื่อสารข้อมูล

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้เผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การฝึกทักษะที่สำคัญและสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงมีทฤษฎีมาสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งมี หลักการในการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงนำเสนอ 2 ประเด็นคือ 1) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง สร้างสรรค์ผลงาน มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึมของ Papert (1989) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม (constructionism) เกิดจากการนำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองของเพียเจท์ มาสร้างเป็นทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม ซึ่งทฤษฎีนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างผลิตผลที่มีความหมายกับตนเอง เมื่อมีการสร้างผลงาน ออกมาแล้ว ก็จะถือว่านักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองด้วย

ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์ มีใจความว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากนักเรียนได้มีการลงมือกระทำด้วยตนเองร่วมกับการได้รับประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมจากภายนอกด้วย กล่าวคือ ผู้เรียนจะเก็บเกี่ยวประสบการณ์และบันทึกความรู้จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเอง โดยนักเรียนสามารถนำเอาความรู้ดังกล่าวออกมาใช้ภายนอกได้อีกด้วย ซึ่งจะเกิดขึ้นในลักษณะเป็นวงจรต่อกันไป

การเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่าง องค์ความรู้เดิมในโครงสร้างความรู้ในสมองของตนเองกับองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการสังเกต ปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์ และบรรยากาศแวดล้อมจะเอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วย ตนเองได้ดีขึ้น

จากกระบวนการเรียนรู้ที่กล่าวไปในข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การที่นักเรียนนำเอาความรู้เข้าสู่โครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเองแล้ว จะต้องเกิด การแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับเกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง หากเพียงแค่รับข้อมูลเข้ามาในสมองเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการแปลความหมาย กระบวนการดังกล่าวจะไม่จัดเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติตัวเอง

การที่นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์ใด ๆ ก็ตามจากนั้นนักเรียนได้มีโอกาสแปลความหมายของสิ่งที่ตนได้รับจากประสบการณ์นั้น หรือการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้สร้างผลงานขึ้นมาด้วยความชอบหรือความถนัดของตนเอง กระบวนการดังกล่าว จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างด้วยตนเองได้ดีขึ้นการที่ผู้เรียนได้มีโอกาสเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองด้วยความสนใจ และความต้องการของตัวผู้เรียนเองนี้จะส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตัวอย่างเช่น การที่มนุษย์มีความสนใจที่จะแก้ปัญหาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มนุษย์จะมีความมุ่งมั่นและตั้งใจที่จะต้องลงมือแก้ปัญหานั้นให้สำเร็จด้วยตนเอง

กล่าวโดยสรุป ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองในการเข้าไปมีส่วนร่วมกับเหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อมนักเรียนมีโอกาสได้สังเกตและเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อมทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ นำไปสู่การสร้างความรู้ตัวยตนเอง กล่าวคือ นักเรียนมี โอกาสได้นำความรู้ไปใช้ในการแปลความหมายใหม่ด้วยตนเอง หรือนำไปใช้สร้างผลงานขึ้นมาด้วย ตนเอง กระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นไปด้วยความมุ่งมั่นและตั้งใจของนักเรียนเอง

หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึมเป็นพื้นฐาน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงเน้นการลงมือปฏิบัติจริง ดังในงานวิจัยของสุรัตน์ แท่นประเสริฐกุล (2558) ที่จัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยปัญหาจาก สถานการณ์ใกล้ตัว จากนั้นนักเรียนเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชาเพื่อนำเอาความรู้ศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา นำไปสู่การวางแผนการทำงาน สรุปผลการทำงานเพื่อนำไปสู่การสื่อสารความรู้ สู่ชุมชนด้วยการจัดนิทรรศการ สุดท้ายมีการประเมินผลและต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่โครงงานใหม่ จึงเรียกได้ว่าเป็นการเรียนรู้ที่ไม่มีที่สิ้นสุด

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการสร้างผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ นักเรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้และ ทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงจำเป็นต้องเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดย Vasquez, Comer and Sneider (2013) แบ่งไว้ 4 ระดับ ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน

2. การบูรณาการพหุวิทยาการ หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกันผ่านหัวข้อหลัก โดยการอ้างอิงถึงหัวข้อหลักในการสอน ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับหัวข้อหลัก

3. การบูรณาการสหวิทยาการ หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะที่มีความสอดคล้องกันของวิชาที่เกี่ยวข้องร่วมกันผ่านกิจกรรมช่วยให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาเหล่านั้น

4. การบูรณาการข้ามวิชา หมายถึง การที่นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาและประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้น ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ต้องเน้นการสร้างผลงานและการบูรณาการแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ต้องเอื้อให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้ สะเต็มตั้งที่ Vasquez, Comer and Sneider (2013: 18-19) ได้แนะนำหลักการของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ 5 หลัก ดังนี้

1. มุ่งไปที่การบูรณาการ กล่าวคือ การผนวกสองสาขาวิชาขึ้นไป สามารถช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของวิชาต่าง ๆ รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เมื่ออยู่ในโอกาสที่ต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ

2. แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ กล่าวคือ นักเรียนต้องมองเห็นความสำคัญของความรู้และการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ตนมี รวมทั้งการมองว่าสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงมีความสัมพันธ์กับความรู้หรือทักษะที่ตนมีอย่างไร ตลอดจนการทราบว่าตนเองต้องพัฒนาทักษะด้านใด เพื่อให้มีอาชีพที่สามารถทำงานได้ในโลกแห่งความเป็นจริง

3. ให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ ในโลกปัจจุบันและอนาคต การทำงาน อาจไม่สำคัญว่าต้องใช้ความรู้มากเท่าใด แต่สำคัญตรงที่ว่าบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมี ประสิทธิภาพหรือไม่เมื่อต้องการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งการมี

ความสามารถในการ สื่อสารความคิด การทำงานเป็นทีม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ ทักษะที่กล่าวมานี้ คือ ทักษะในศตวรรษที่ 21

4. ท้าทายนักเรียน กล่าวคือ ครูวางแผนในการกำหนดภาระงานให้นักเรียนมีความท้าทาย ซึ่ง ต้องไม่ยากเกินไปจนนักเรียนล้มเล็กและไม่ง่ายเกินไปจนเกิดความเบื่อหน่าย ภาระงานที่ว่านี้ ต้อง แสดงให้เห็นถึงการใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยนักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมใน แต่ละภาระงาน

5. การผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จะเห็นได้จากการที่นักเรียนนำเสนอความรู้ได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย นักเรียนเกิดการ แบ่งปันความรู้และถ่ายทอดทักษะที่ตนเชี่ยวชาญให้เพื่อน ซึ่งการจะทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน ที่จะเรียนรู้ อาจใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ 2 แนวทางประกอบกัน คือ 1) แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยนักเรียนได้รับปัญหาที่ต้องหาทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์ และ 2) แบบใช้โครงงานเป็นฐาน โดยนักเรียนต้องกำหนดการเรียนรู้และสืบค้นด้วยตนเองและต้องสามารถประเมินโครงงานของตนเองด้วย

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นจะมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นหลัก โดยจะนำความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาและการฝึกทักษะมาแก้ไขปัญหาโดยการที่นักเรียนนำความรู้และทักษะที่ฝึกฝนมาเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์และแก้ไขปัญหาเหล่านั้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งจุดเด่นที่ชัดเจนของการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การผนวกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจ และ ฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบ วิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) โดยหัวข้อนี้นำเสนอ 2 ประเด็นคือ 1) ลักษณะเฉพาะของ กิจกรรมสะเต็มศึกษา 2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีหน่วยงานและนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Roderic (2001) ประกอบด้วย 8 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (define the problem) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์

2) ขั้นค้นหา (explore) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา

3) ขั้นระบุข้อจำกัด (constrains) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องพิจารณาสถานการณ์ปัญหาว่ามีข้อกำหนดหรือเงื่อนไขใดบ้าง

4) ขั้นออกแบบ (design) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้

5) ชั้นประเมิน (evaluation) เป็นขั้นการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ ในแต่ละวิธี แล้วเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

6) ขั้นแบ่งหน้าที่ (delegation) เป็นขั้นที่สมาชิกในกลุ่มต้องแบ่งบทบาทหน้าที่กันใน การปฏิบัติงาน

7) ชั้นกำหนดงานให้จำเพาะ (specification) เป็นขั้นที่ต้องกำหนดขั้นตอนการ แก้ปัญหาให้เฉพาะเจาะจงลงไป

8) ขั้นทดสอบ (test) นำวิธีการแก้ปัญหาไปทดสอบการแก้ปัญหาจริงตามแผนที่วางไว้

2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Museum of Science (2007) ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นตั้งคำถาม (ask) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้ง พิจารณาว่าต้องใช้วิธีการใดจึงจะแก้ปัญหาได้สำเร็จภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์นั้น

2) ขั้นจินตนาการ (imagine) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย แล้วพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

3) ชั้นวางแผน (plan) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุขั้นตอนการแก้ปัญหา กำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้

4) ขั้นสร้างสรรค์ (Create) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องปฏิบัติตามแผนงานเพื่อสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นปรับปรุง (improve) เป็นขั้นทดสอบการแก้ปัญหาเพื่อหาข้อดีและข้อบกพร่อง นำไปสู่การต่อยอดวิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นต่อไป

3. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Capraro et al. (2013) มี 7 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (identify problem and constraints) ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนระบุแก้ปัญหาจากสถานการณ์

การแก้ปัญหา ดังกล่าว อาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยนักเรียนในกลุ่มระบุข้อจำกัดของการแก้ปัญหาและเกณฑ์ ที่ชี้วัดผลสำเร็จของการแก้ปัญหา

2) ขั้นศึกษาค้นคว้า (research) เมื่อนักเรียนระบุจากสถานการณ์แล้ว ผู้สอนจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูล รวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแอพลิเคชั่นต่าง ๆ เพื่อนำมาซึ่งการได้ข้อมูลที่จำเป็น ต่อการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยสอดคล้องกับข้อจำกัดและการบรรลุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จ ที่ได้กำหนดไว้

3) ขั้นคิดออกแบบ (ideate) เมื่อนักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว นักเรียนแต่ละคน ในกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดย ให้มีความคิดหลากหลายมากที่สุด รวมทั้งระบุความเป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล

4) ขั้นวิเคราะห์ความคิด (analyse Ideas) หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มคิดออกแบบมาแล้ว ในขั้นนี้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ ตามเกณฑ์ชี้วัดและสอดคล้องกับข้อจำกัดโดยอาจเลือกวิธีการแก้ปัญหาวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือ ประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ

5) ขั้นสร้างผลงาน (build) เมื่อนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มวิเคราะห์ความคิดแล้ว ต่อไปนักเรียนนำความคิดดังกล่าว ไปสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าตัวต้นแบบ (prototype)โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างตัวต้นแบบสำหรับการนำไปทดสอบและปรับปรุงต่อไป

6) ขั้นทดสอบและปรับปรุง (test and refine) นักเรียนนำตัวต้นแบบไปทดสอบการำแก้ปัญหาว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบและบันทึกข้อมูลว่าตัว ต้นแบบมีข้อบกพร่องอย่างไรเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ชี้ วัดความสำเร็จ โดยมีการประเมินตัวต้นแบบว่า สอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่หลังจากทดสอบและ สังเกตตัวต้นแบบ นักเรียนจะได้ข้อมูลใหม่ที่จะนำไปพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นโดยนักเรียนจะย้อนกลับ ไปในขั้นคิดออกแบบเพื่อระดมสมองวิเคราะห์และออกแบบตัวต้นแบบเพื่อสร้างตัวต้นแบบใหม่ ทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งไปเรื่อย ๆ เป็นวงจรจนกว่าจะได้ตัวต้นแบบสุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชี้วัด และสอดคล้องกับข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

7) ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (communicate and reflect) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรังปรุงมาอย่างดีแล้วมานำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบการแก้ปัญหา เป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยี สารสนเทศในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์ นอกจากนี้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานของ กลุ่มนักเรียนเอง

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (2557) ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1) การระบุปัญหา (identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจ สิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2) การค้นหาแนวที่เกี่ยวข้อง (explore ideas) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3) การวางแผนและพัฒนา (plan and develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอน ย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4) การทดสอบและประเมินผล (test and evaluate) เป็นขั้นตอนการทดสอบและ ประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้ นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5) การนำเสนอผลลัพธ์ (present the solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้อง นำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2559) มี 6 ขั้น ดังนี้

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

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

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

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

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

กล่าวโดยสรุป กระบวนการออกแบบวิศวกรรมของหน่วยงานและนักการศึกษาแต่ละท่านสะท้อนให้เห็นว่า กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ภายในห้องเรียนหรือเนื้อหาภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็น ความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต โดยผู้วิจัยนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์

บทบาทของผู้สอนต่อการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558:64-65) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนของ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) โดย สร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคาตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. เป็นผู้โค้ช (Coach)

7. เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

8. ตั้งคาถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

9. ประเมินกระบวนการทางานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

ประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

1. ด้านเศรษฐกิจ (Economic Opportunity) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยเพิ่ม โอกาสในด้านเศรษฐกิจ การทำงาน การเพิ่มมูลค่า เพราะนวัตกรรมใหม่ๆที่เกิดขึ้นที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ของโลกล้วนมีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษา

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

3. ด้านความมั่นคง (National Security) การเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยสร้างเสริม ความมั่นคงให้กับประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านความมั่นคงและความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (cyber Security) ในโลกปัจจุบันที่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีด้านการสื่อสารอย่างมาก

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

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นิภา เมธาวิชัย (2536:65) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า ความรู้ และทักษะที่ได้รับก่อให้เกิดการพัฒนามาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน และได้รับการอบรม สั่งสอน โดยครูอาศัยเครื่องมือวัดผลช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้ และทักษะมากน้อยเพียงใด

นิยม ศรียะพันธุ์ (2541:34) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่าความสำเร็จหรือความสามารถของบุคคลเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์
การเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอน

ภพ เลาหไพบูรณ์ (2542:295) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543:15) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่าเป็นสิ่งที่ต้องการให้เกิดกับตัวผู้เรียนหลังจากที่กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สามารถ วัดได้จากพัฒนาการทางสติปัญญา

ศิริชัย กาญจนวสี (2552:166) ได้นิยามว่า ผลสัมฤทธิ์ (Achievement) เป็น ผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใด เวลาหนึ่งที่ผ่านมา แบบทดสอบจึงเป็นแบบสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียน การสอนที่ผู้สอนได้จัดขึ้นเพื่อการเรียนรู้นั้น สิ่งที่มุ่งวัดเป็นสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการเรียนรู้ หรือประสบการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ โดยสามารถวัดพฤติกรรมเหล่านั้นได้โดยใช้เครื่องมือวัด

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

Bloom (1956) กล่าวถึง แนวคิดที่ใช้ในการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ความคิดไว้ 6 ด้าน ดังนี้ คือ

1) ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้มามีสาระอะไรบ้าง ตอบได้จากการจดจำ ดังนั้น คำถามที่ใช้ในการทดสอบเป็นคำถามที่ถามถึงข้อมูล สาระ รายละเอียดของสิ่งที่เรียนรู้ และให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าตนมีความรู้ความจำในเรื่องนั้น ๆ

2) ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเข้าใจความหมาย ความสัมพันธ์และโครงสร้างของสิ่งที่เรียนและสามารถอธิบายสิ่งที่เรียนรู้นั้นได้ด้วยคำพูดของตนเอง จะสามารถแสดงออกได้หลายทาง เช่น สามารถตีความได้ แปลความได้ เปรียบเทียบได้ บอกความแตกต่างได้ เป็นต้น ดังนั้น คำถามในระดับนี้จึงมักเป็นคำถามที่ช่วยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความเข้าใจของตนในเรื่องนั้น ๆ

3) การนำไปใช้ (Application) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถนำข้อมูล ความรู้ และความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มาไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นคำถามในระดับนี้จึงมักประกอบด้วยสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องดึงความรู้ ความเข้าใจมาใช้ในการหาคำตอบ

4) การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดที่ลึกซึ้งขึ้นเนื่องจากไม่สามารถหาคำตอบได้จากข้อมูลที่มีอยู่โดยตรง มี 2 ลักษณะคือ การวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ และการวิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สามารถสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น

5) การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง การเรียนรู้ที่อยู่ในระดับที่ผู้เรียนสามารถคิดประดิษฐ์ สิ่งใหม่ขึ้นมาได้ ทำนายสถานการณ์ในอนาคตได้ คิดวิธีการแก้ปัญหาได้

6) การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การ ตัดสินคุณค่า ซึ่งก็หมายความว่า ผู้เรียนจะต้องสามารถตั้งเกณฑ์ในการประเมินหรือตัดสินคุณค่า ต่าง ๆ ได้และแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้นได้

แนวคิดการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ใหม่ตามแนวคิดของบลูม (Bloom) โดย Anderson และ Krathwohl's taxonomy (2001) ได้นำมาปรับมาจากแนวคิดของ Bloom's Taxonomy ซึ่งได้จัดเรียงแนวคิดการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ใหม่ตามแนวคิดของบลูม (Bloom) ได้ ดังนี้

1) ความรู้ความจำ (remembering) หมายถึง การดึงข้อมูลจากหน่วยความจำการระลึกได้การจำความรู้จากหน่วยความจำ การจำเกิดขึ้นเมื่อหน่วยความจำถูกดึงมาผลิตคำนิยามข้อเท็จจริงหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในความทรงจำ

2) ความเข้าใจ (understanding) หมายถึง การสร้างความหมายจากรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถเขียนหรือวาดรูปกราฟสื่อถึงการตีความการยกตัวอย่าง การจัดจำแนก การสรุปความ การเปรียบเทียบ และการอธิบายได้

3) การประยุกต์ใช้ (applying) หมายถึง การดึงหรือการใช้วิธีการโดยผ่านการประมวลผลการประยุกต์ใช้เกี่ยวข้องและอ้างอิงถึงสภาพการณ์ที่ข้อมูลถูกนำออกมาใช้ได้ผลผลิต เช่น รูปแบบการนำเสนอผลงาน

4) วิเคราะห์ (analysis) หมายถึง แยกแยะข้อมูลหรือความคิดควบยอดออกเป็นส่วน ๆ แล้วพิจารณาว่ามีส่วนใดสัมพันธ์กันหรือเกี่ยวข้องกันด้วยโครงสร้างหรือด้วยจุดประสงค์เดียวกัน สมองจะดำเนินการแยกแยะ จัดระบบและแยกเป็นส่วน ๆ รวมทั้งสามารถแยกความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบได้ เมื่อผู้เรียนสามารถวิเคราะห์เขาจะแสดงการทำงานของสมองโดยการสร้างความคิดที่แยกแยะประเด็นสำรวจแล้วแสดงเป็น ผังภาพ แผนภูมิ หรือแผนผัง

5) ประเมินค่า (evaluating) หมายถึง การตัดสินใจภายใต้เกณฑ์และมาตรฐานผ่านการตรวจสอบและผลผลิตที่สามารถแสดงกระบวนการของการประเมินขั้นประเมินนี้มาก่อนขั้นคิดสร้างสรรค

6) คิดสร้างสรรค์ (creating) หมายถึง เป็นการนำเอาความรู้ที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกัน และจัดระบบใหม่ไปสู่รูปแบบหรือโครงสร้างจนก่อกำเนิดผลผลิต การคิดสร้างสรรค์ต้องการการนำส่วนต่าง ๆ ของความรู้มารวมเข้าด้วยกันเป็นวิธีการใหม่หรือสิ่งใหม่ กระบวนการสมองจะทำงานยากที่สุด

Klopfer (1971) ได้กล่าวถึง การประเมินผลการเรียนด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ เป็น 4 ด้าน ดังนี้

1) ความรู้ความจำ หมายถึงพฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีความจำในเรื่องต่าง ๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่สูงกว่าความรู้ ความจำ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1) ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา เมื่อผู้เรียนได้เรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งมา และเมื่อได้รับข้อมูลของอีกสิ่งหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันก็สามารถอธิบายสิ่งนั้นได้

2.2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่ง

3) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงพฤติกรรมที่ผู้เรียน แสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการโดยใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี รวมทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

ประวิตร ซูศิลป์ (2542) กล่าวว่าเพื่อความสะดวกในการประเมินผลจึงได้ทำการ จำแนกพฤติกรรมในการวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์ ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับเป็นเกณฑ์วัดความสามารถด้านต่าง ๆ 4 ด้าน คือ

1) ด้านความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2) ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมายต่าง ๆ การขยายความ และแปลความรู้โดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ หลักการและทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์

3) ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ต่าง ๆ หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างกันออกไป หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดความคล่องแคล่ว ชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม สำหรับทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะ การลงความคิดเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและ ควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความ หมายข้อมูลและ ลงข้อสรุป

จากการศึกษาเอกสารสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้หลักการวัดผลตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Bloom) โดย Anderson และ Krathwohl's taxonomy (2001) ได้นำมาปรับมาจากแนวคิดของ Bloom's Taxonomy ซึ่งได้จัดเรียงแนวคิดการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ใหม่ตามแนวคิดของบลูม (Bloom) คือ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) วิเคราะห์ 5) ประเมินค่าและ6) คิดสร้างสรรค์ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน และมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทบทวน วิเคราะห์ และทดลองใช้ จนข้อสอบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างมีการปรับปรุง ขัดเกลา หลังจากนำ ข้อสอบไปใช้เพื่อประโยชน์ในการนำไปพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถทางสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการเรียนรู้ ซึ่งมีนักวัดผลการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมาย ของสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

บุญธรรม กิจปรีตาบริสุทธิ์ (2535:44) ได้กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถและทักษะทางวิชาการที่ด้านการเรียนรู้

นิภา เมธาวิชัย (2536:65) ได้กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ความรู้ และทักษะที่ได้รับก่อให้เกิดการพัฒนามาจากการเรียนการสอน การฝึกฝน และได้รับการอบรม สั่งสอน โดยครูอาศัยเครื่องมือวัดผลช่วยในการศึกษาว่านักเรียนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด

สมนึก ภัททิยธานี (2537:45) ได้กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพของสมองในด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากการเรียนรู้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540:28) ได้กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้เชิงวิชาการ เน้นการวัดความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีต หรือในสภาพปัจจุบัน

จากความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถที่ได้จากการเรียนรู้ เพื่อวัดความรู้หรือความสามารถนั้นบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนที่มุ่งหวังไว้หรือไม่

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 360-361) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ข้อสอบแบบอัตนัย ลักษณะที่สำคัญคือ การตอบของนักเรียนจะเป็นอย่างอิสระตามความคิดและความเข้าใจของนักเรียนเอง นักเรียนจะต้องอ่านโจทย์คำถามแล้วคิดว่าจะตอบอย่างไร เป็นการวัดความสามารถของนักเรียนในการที่จะสร้างแนวคิด รวบรวมแนวคิดและเขียนแสดงออกของความคิดนั้น นักเรียนจะสามารถตอบได้อย่างเสรีตามความคิดเห็นของตน ข้อสอบอัตนัยมี 2 แบบ คือ ข้อสอบแบบจำกัดขอบเขตในการตอบ และข้อสอบแบบไม่จำกัดขอบเขตการตอบ

2) ข้อสอบแบบปรนัย เป็นข้อคำถามที่ผู้ออกและตรวจข้อสอบเห็นพ้องตรงกันว่า คำถามชัดเจน มีความเข้าใจความหมายของคำถามตรงกัน คำตอบที่ถูกคืออะไร และการตรวจให้คะแนนจะเหมือนกัน ข้อสอบแบบปรนัยที่นิยมเลือกใช้ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบถูกผิดและข้อสอบแบบจับคู่

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) แบบทดสอบความเรียง (Essay test) มีจุดประสงค์วัดความสามารถในการบรรยาย อธิบายและแสดงเหตุผลตามความคิดเห็นของคน อาจกำหนดความยาวหรือให้เขียนตอบตามสบาย

ข้อดีของแบบทดสอบความเรียง

1) สามารถวัดกระบวนการคิด และความสามารถในการเขียน

2) วัดความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการประเมินค่าได้ดี

3) สามารถวัดเจตคติข้อคิดเห็นต่าง ๆ ได้ดี

4) มีความสะดวกและง่ายต่อการออกข้อสอบ

5) ผู้ตอบมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

ข้อจำกัดของแบบทดสอบความเรียง

1) การให้คะแนนไม่แน่นอน คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ

2) ขาดความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพราะออกข้อสอบได้น้อยจึงไม่ครอบคลุมเนื้อหา

3) ตรวจให้คะแนนยาก เสียเวลามาก

2) แบบทดสอบเติมคำ (Completion test) เป็นการวัดความสามารถในการหาคำตอบ หรือข้อความมาเติมลงในช่องว่างของประโยคที่กำหนดให้ได้ถูกต้องแม่นยำ โดยไม่มีคำตอบใดมาชี้นำก่อน นอกจากข้อความหรือประโยคที่ให้ไว้เท่านั้น โดยธรรมชาตินั้นจะเป็นการวัดด้านความจำแต่ก็สามารถวัดด้านความคิดได้

ข้อดีของแบบทดสอบเติมคำ

1) สร้างง่ายสะดวกและรวดเร็ว

2) โอกาสที่ตอบถูกโดยการเดามีน้อย

3) สามารถสร้างคำถามวัดในเรื่องหนึ่ง ๆ ได้หลายข้อ

ข้อจำกัดของแบบทดสอบเพิ่มคำ

1) วัดพฤติกรรมความรู้ความจำซึ่งเป็นความรู้ขั้นต่ำ

2) ถ้าส่วนที่ต้องการเติมมีหลายเรื่องก็ไม่เหมาะที่จะสร้างข้อสอบประเภทนี้ เพราะการเว้นที่อาจเป็นการแนะคำตอบให้กับนักเรียนได้

3) ขาดความเป็นปรนัยในกรณีที่เขียนประโยคน

3) แบบทดสอบถูกผิด (True - False test) แบบทดสอบนี้วัดความสามารถในการพิจารณาข้อความที่กำหนดให้ว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จากความสามารถที่เรียนรู้มาแล้ว โดยทั่วไปจะเป็นการวัดความสามารถในด้านความจำ แต่ถ้าสามารถพลิกแพลงข้อความก็อาจวัดความคิดที่สูงขึ้นได้

ข้อดีของแบบทดสอบถูกผิด

1) ตรวจง่ายรวดเร็ว ยุติธรรม มีความเป็นปรนัย

2) สามารถวัดข้อเท็จจริงเกี่ยวกับความรู้ความจำได้ดี

3) สามารถสอบเนื้อหาวิชาได้มากกว่าข้อสอบแบบอื่นในเวลาที่เท่ากัน

4) สามารถพัฒนาเป็นแบบทดสอบเลือกตอบได้

5) ออกข้อสอบง่ายและได้จำนวนมากขอแต่ผู้สอบใช้เวลาทำน้อย

ข้อจำกัดของแบบทดสอบถูกผิด

1) นักเรียนได้คะแนนง่าย เนื่องจากการเดาที่ค่อนข้างสูง

2) ไม่สามารถที่จะวินิจฉัยได้ว่าสาเหตุที่นักเรียนทำข้อสอบผิดเนื่องมาจากอะไร

3) มีความเชื่อมั่นต่ำ ดังนั้นควรออกข้อสอบไม่น้อยกว่า 50 ข้อ

4) ส่วนมากวัดได้เฉพาะพฤติกรรมความรู้ความจำ

4) แบบทดสอบจับคู่ (Matching test) เป็นลักษณะของการวางข้อเท็จจริง เงื่อนไข คำ ตัวเลขหรือสัญลักษณ์ไว้ทั้ง 2 ด้านขนานกัน เป็นแนวตั้ง ก. กับแนวนอน ข. แล้วให้อ่านดูข้อเท็จจริงในแนวตั้ง ก. ก่อน ต่อจากนั้นให้พิจารณาดูว่าจะไปเกี่ยวข้องจับคู่ได้พอดีกับข้อเท็จจริงไหนในแนวนอน ข. ที่กำหนดไว้

ข้อดีของแบบทดสอบจับคู่

1) สร้างง่ายและประหยัดเวลา

2) สามารถถามได้มากข้อในเวลาจำกัด

3) เหมาะสำหรับการวัดความจำ

4) ตรวจให้คะแนนสะดวกรวดเร็ว เพราะสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ตรวจได้

5) สามารถพัฒนาเป็นข้อสอบเลือกตอบแบบตัวเลือกองที่ได้

ข้อจำกัดของแบบทดสอบจับคู่

1) เป็นการยากที่จะสร้างข้อคำถามให้เป็นเอกพันธ์กัน

2) วัดความสามารถชั้นสูงได้น้อย

3) ข้อสอบข้อท้าย ๆ มีโอกาสตอบถูกได้ง่าย

5) แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple choices test) แบบทดสอบนี้จะมีคำถามหนึ่งคำถามและมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น แบบทดสอบนี้สามารถวัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์ที่ต้องการทั้งหมด และเป็นข้อสอบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

ข้อดีของแบบทดสอบเลือกตอบ

1) วัดพฤติกรรมทางการศึกษาได้หลายด้าน ตั้งแต่ความรู้ความจำไปจนถึงการประมาณค่า

2) เป็นข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนง่ายถูกต้องรวดเร็วและมีความเป็นปรนัย

3) สามารถควบคุมความยากง่ายของข้อสอบได้

4) เป็นข้อสอบที่ครูสามารถวินิจฉัยสาเหตุแห่งการทำข้อสอบผิดว่ามาจากสาเหตุอะไรบ้าง โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่าง ๆ จากกระดาษคำตอบ

5) มีความเชื่อมั่นสูง เพราะมีจำนวนข้อสอบมากและตอบถูกโดยการเดามีน้อย

6) สามารถใช้สัญลักษณ์ รูปภาพหรือกราฟมาเขียนข้อสอบได้

ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

1) สร้างข้อสอบให้ดี ทำได้ยาก และใช้เวลาในการสร้างนาน

2) ไม่เหมาะที่จะวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเสนอแนวคิดหรือทักษะการเขียน

3) สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างข้อสอบ

บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 53) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2) แบบทดสอบอิงกลุ่ม หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตรจึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่ง เป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายที่แสดงถึงคุณภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2548, หน้า 96) ได้สรุปประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะ กลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้กันโดยทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งแบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

1.1) แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด และเจตคติที่ได้อย่างเต็มที่

1.2) แบบทดสอบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ผู้ตอบเขียนตอบสั้น ๆ หรือมีคำตอบให้เลือกแบบจำกัดคำตอบ ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนกับแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบนี้ แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2) แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่ว ๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพและมีมาตรฐาน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามรถทางด้านวิชาการของนักเรียนแบ่งได้เป็น แบบทดสอบแบบอัตนัยและแบบทดสอบแบบปรนัย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งแบบทดสอบที่จัดทำขึ้นนี้มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ เนื่องจากเป็นข้อสอบที่มีความชัดเจน สามารถแปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน มีความรวดเร็ว และยุติธรรม

เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์

สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2557, หน้า 22) ได้กำหนดการตัดสินเพื่อให้ระดับผลการเรียนรายวิชาของกลุ่มสาระการเรียนรู้โดยใช้ตัวเลขแสดงผลการเรียนเป็น 3 ระดับ แนวการให้ระดับผลการเรียน 8 ระดับและความหมายของแต่ละระดับ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการให้คะแนนระดับผลการเรียน

ระดับผลการเรียน	ความหมาย	ช่วงคะแนน
4	ดีเยี่ยม	80 - 100
3.5	ดีมาก	75 - 79
3	ดี	70 – 74
2.5	ค่อนข้างดี	65 – 69
2	ปานกลาง	60 – 64
1.5	พอใช้	55 – 59
1	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	50 -54
0	ต่ำกว่าเกณฑ์	0 – 49

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้หลักเกณฑ์ร้อยละ 70 มาเป็นเกณฑ์คะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ สามารถวิเคราะห์ได้จากคะแนนของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งจะแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับดี

ความสามารถในการแก้ปัญหา

ความหมายของปัญหา

จากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ได้มีผู้กล่าวถึงความหมายของปัญหาไว้ดังนี้

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542:687) ได้ให้ความหมายของปัญหา ไว้ว่าคือ ข้อสงสัย คำถาม ข้อที่ต้องพิจารณา หรือสรุปได้ว่า ปัญหาคือ สิ่งที่ซับซ้อนยุ่งยาก เป็นอุปสรรค ที่ยังหาคำตอบไม่ได้ และการที่จะได้คำตอบมานั้นต้องใช้กระบวนการที่เหมาะสม

สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540:67) ได้ให้ความหมายของ ปัญหา ไว้ว่า สถานการณ์ หรือเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดอุปสรรคในการดำเนินงาน ซึ่งทั้งคนและสัตว์ไม่สามารถตอบสนองตามที่เคย เรียนรู้มาแล้วได้ จำเป็นต้องศึกษาหาสาเหตุของปัญหา และกำจัดปัญหาเหล่านั้นด้วยกระบวนการที่เหมาะสม

อุษณีย์ โพธิสุข และคณะ (2544:34) ได้ให้ความหมายของ ปัญหา ไว้ว่า ปัญหา คือ เป็นสถานการณ์ที่ต้องการคิด การแก้ไขที่ได้มาจากการสังเคราะห์ความรู้ที่เคยเรียนรู้มาแต่ก่อน ซึ่งมักเกี่ยวข้องกับ 3 สิ่ง คือ การยอมรับว่าเป็นปัญหาหรือรู้ว่านี่คือปัญหา อุปสรรคของปัญหา หรืออุปสรรคของจุดมุ่งหมายการแก้ปัญหาที่จะบรรลุจุดมุ่งหมาย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545:150) ได้ให้ความหมาย ของปัญหา ไว้ว่า สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันที

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ปัญหาคือสถานการณ์ที่ทำให้เกิดอุปสรรค์ในการดำเนินชีวิต ซึ่งเป็นสิ่งที่ซับซ้อนยุ่งยาก และการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหานั้นต้องใช้กระบวนการที่เหมาะสม

ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม พบว่า มีหน่วยงานและนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

Sharp (1991) ระบุว่า การแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เป็นการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยเริ่มจากการรับรู้ความต้องการของมนุษย์ รวบรวมข้อมูล สร้างวิธีการที่หลากหลาย จากนั้นประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ในการสร้างวิธีการหรือ สิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น

Shaw (2001) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีการกำหนดเป้าหมายไว้อย่างชัดเจน ซึ่งวิศวกรมีวิธีการแก้ปัญหามากกว่าหนึ่งวิธีไว้เปรียบเทียบเพื่อเลือก วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ โดยวิธีการดังกล่าวต้องง่ายที่สุด ปลอดภัยที่สุด มีประสิทธิภาพสูงสุด และที่สำคัญคือใช้ต้นทุนต่ำที่สุด

Bonem (2008) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นการประยุกต์หลักทางวิศวกรรม มาใช้ในการค้นหาที่มาของปัญหา นิยามปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีการการวางแผนเป็นขั้นตอน วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว ต้องให้ผลที่สมบูรณ์และประสบความสำเร็จ

Thayer School of Engineering at Dartmouth (2014) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม เป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลกผ่านกระบวนการแก้ปัญหาโดยเริ่มจากการระบุ ปัญหาให้ชัดเจนโดยปราศจากความลำเอียง ระบุเกณฑ์ และข้อจำกัดของการแก้ปัญหา จากนั้น กำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความใช้การได้ดีที่สุด

โดยสรุปแล้ว ความสามารถในการแก้ปัญหาคือ ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยระบุปัญหาจากสถานการณ์ กำหนดเกณฑ์และข้อจำกัด รวบรวม ข้อมูลต่าง ๆ นำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น อาจมีได้ หลากหลายวิธีการ ซึ่งต้องพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือง่ายที่สุด ปลอดภัยที่สุด ให้ผลคุ้มค่าที่สุดในการแก้ปัญหาให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และการเรียนรู้ เพื่อให้เข้าใจในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา จึงนำเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ดังนี้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554)

1) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของPiagetแบ่งออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การแก้ปัญหาด้วยการกระทำ (Sensor Motor Stage) ตั้งแต่แรกเกิด ถึง 2 ปี เด็กจะรู้เฉพาะสิ่งที่เป็นรูปธรรม มีความเจริญรวดเร็วในด้านความคิด ความเข้าใจ การใช้ ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ต่อสภาพจริงรอบตัว จะทำอะไรบ่อย ๆ ซ้ำ ๆ เลียนแบบ พยายามแก้ปัญหา แบบลองผิดลองถูก ความสามารถในการคิดวางแผนอยู่ในขีดจำกัด

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

1) Preconceptual Thought เด็กวัยนี้อยู่ในช่วง2-4 ปี เด็กวัยนี้มีความคิด รวบยอดในเรื่องต่าง ๆ แล้วเพียงแต่ยังไม่สมบูรณ์ และยังไม่มีเหตุผลเด็กสามารถใช้ภาษาและเข้าใจความหมายสัญลักษณ์ แต่การใช้ภาษานั้นยังเกี่ยวข้องกับตนเองเป็นส่วนใหญ่ ความคิดของเด็กวัยนี้ ขึ้นอยู่กับ

การรับรู้เป็นส่วนใหญ่ เด็กยังไม่สามารถใช้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล เด็กยังไม่เข้าใจเรื่อง ความคงที่ของปริมาณ

2) Intuitive Though เด็กวัยนี้อยู่ในช่วง 4- 7 ปี ความคิดของเด็กวัยนี้ แม้ว่าจะเริ่มมีเหตุผลมากขึ้น แต่การคิดและการตัดสินใจยังขึ้นอยู่กับการรับรู้มากกว่าความเข้าใจเด็ก เริ่มมีปฏิกิริยาต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น มีความสนใจอยากรู้อยากเห็นและมีการซักถามมากขึ้น มีการเลียนแบบพฤติกรรมของผู้ใหญ่ที่อยู่รอบข้าง ใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการคิด อย่างไรก็ตาม ความ เข้าใจของเด็กวัยนี้ยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่รับรู้จากภายนอกนั่นเอง

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

ขั้นที่ 4 ขั้นการคิดมีเหตุมีผลเชิงนามธรรม (Formal operational Stage) อยู่ในช่วงอายุ 11 - 15 ปี โครงสร้างความคิดของเด็กวัยนี้ พัฒนามาถึงขั้นสูงสุด เริ่มเข้าใจกฎเกณฑ์ ทางสังคมดีขึ้น สามารถเรียนรู้โดยใช้เหตุผลมาอธิบายและแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ เด็กรู้จักคิด ตัดสินปัญหา มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น สนใจในสิ่งที่เป็นนามธรรม ได้ดีขึ้น

2) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1) ขั้น Enactive Stage เป็นระยะการแก้ปัญหาด้วยการกระทำตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี ซึ่งตรงกับขั้น Sensorimotor Stage ของ Piaget เป็นขั้นที่เด็กเรียนรู้ด้วยการกระทำ หรือประสบการณ์มากที่สุด

2) ขั้น Iconic Stage Stage เป็นขั้นที่เด็กมีระยะการแก้ปัญหาด้วยการรับรู้ แต่ยังไม่รู้จักใช้เหตุผล ซึ่งตรงกับ ขั้น Concrete operational Stage ของ Piaget เด็กวัยนี้เกี่ยวข้อง กับความเป็นจริงมากขึ้น จะเกิดความคิดจากการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ และภาพแทนในใจอาจจะมีจินตนาการบ้างแต่ไม่ลึกซึ้ง

3) ขั้น Symbolic Stage เป็นขั้นพัฒนาการสูงสุดด้านความรู้และความเข้าใจ เปรียบเทียบได้กับขั้นระยะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลกับสิ่งที่เป็นนามธรรม (Format Operational Stage) เด็กสามารถถ่ายทอดประสบการณ์ โดยการใช้สัญลักษณ์หรือภาพ สามารถคิดหาเหตุผลและ เข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม ตลอดจนสามารถคิดแก้ไขปัญหาได้

กล่าวโดยสรุป การแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อนักเรียนได้พบเจอกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ทำการฝึกฝนทักษะการแก้ปัญหาจากสถานการณ์เหล่านั้น

ขั้นตอนกระบวนการในการแก้ปัญหา

จากการสืบค้นเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นลักษณะของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยมีนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้กล่าวถึงขั้นตอน ของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

Sharp (1991) ได้ระบุขั้นตอนแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) การรับรู้ความต้องการ (recognizing a need) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องทราบว่าเหตุการณ์ในบริบทนั้น มนุษย์มีความต้องการอะไร หรือกำลังประสบปัญหาอะไรอยู่ในสถานการณ์ เมื่อทราบความต้องการแล้วจึงนำไปสู่การนิยามปัญหาต่อไป

2) การนิยามปัญหาจุดประสงค์และข้อจำกัด (defining the problem, the objectives and the constrains) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาว่าทำไปเพื่ออะไร ภายใต้ข้อจำกัดอะไรบ้าง

3) การเก็บรวมรวมข้อมูล (collecting information and data) เป็นชั้นที่ ผู้แก้ปัญหาต้องศึกษา เก็บรวบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการ แก้ปัญหา

4) การสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (generating alternative solutions) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องนำความรู้ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามานั้นไปใช้สร้างวิธีการแก้ปัญหา มากกว่าหนึ่งวิธี

5) การประเมินผลของวิธีการแก้ปัญหา (evaluating the consequence of different solutions) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาต้องเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี

6) การตัดสินใจและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (deciding and specifying the final best solution) เป็นชั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องตัดสินใจเลือกวิธีการที่เปรียบเทียบไว้มาใช้ แก้ปัญหาเพียงวิธีเดียวซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด

Fogler and LeBlanc (2007) ระบุว่า การแก้ปัญหาของวิศวกรที่มีประสบการณ์ในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การนิยามปัญหา เป็นการค้นหาที่มาของปัญหาเพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา เกณฑ์และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

2) การสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นการสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ มากกว่า 1 วิธี ในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ สอดคล้องกับเกณฑ์และข้อจำกัด

3) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา เป็นการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ โดยพิจารณาจากความคุ้มค่าของการใช้ทรัพยากร เกณฑ์ และ ข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้

4) การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา เป็นการนำทรัพยากรและวิธีการแก้ปัญหาที่ ได้เลือกไว้ไปใช้สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาให้สำเร็จตามเกณฑ์ชี้วัด

5) การประเมินผล เป็นการระบุข้อดีและข้อบกพร่องของการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการแก้ปัญหาต่อไป

Eck and Wilhelm (2007) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) ระบุปัญหา (problem identification) เป็นการทำความเข้าใจกับสถานการณ์ ปัญหาให้ชัดเจน เพื่อระบุปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข

2) รวบรวบข้อมูล (information gathering) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่ง ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาอย่างละเอียด

3) กำหนดวัตถุประสงค์ (statement of objectives) เป็นการกำหนด วัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาว่าทำไปเพื่ออะไร

4) ระบุข้อจำกัดและข้อสันนิษฐาน (identification of constraints and assumption) เป็นการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดว่าการแก้ปัญหามีข้อจำกัดอย่างไรบ้าง

5) สร้างวิธีการแก้ปัญหา (generation of solutions) เป็นการนำข้อมูลที่ได้ รวบรวมไว้มาพิจารณาร่วมกับจุดประสงค์และข้อจำกัดเพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหามากกว่า หนึ่งวิธีที่จะแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์

6) วิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา (analysis) เป็นการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาใน แต่ละวิธีการในแง่ของความคุ้มทุน ความปลอดภัย และความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ

7) สังเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา (Synthesis) เป็นการนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ วิเคราะห์มาแล้วนั้น มาสร้างเป็นวิธีการใหม่ที่มีการนำเอาข้อดีของแต่ละวิธีมารวมกัน

8) ประเมินวิธีการแก้ปัญหา (evaluation of alternatives) เป็นการประเมิน วิธีการแก้ปัญหาที่ได้นำไปใช้แล้วนั้น มีข้อดีและข้อบกพร่องอย่างไร

Weir (1974) เสนอขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาที่ประสบในสถานการณ์ที่กำหนดมาให้ โดยการระบุประเด็นที่สอดคล้องกับปัญหา 4 ขั้น ดังนี้

1) การระบุปัญหา (Statement of the Problem) หมายถึง ความสามารถ ในการบอกปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ (Defining the Problem or Distinguishing Essential) หมายถึง ความสามารถในการบอกสาเหตุที่แท้จริงที่ เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

3) การหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ (Searching for and Formulating a Hypothesis) หมายถึง ความสามารถใน การหาวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสาเหตุของ ปัญหามากที่สุด แล้วสรุปออกมาในรูปสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบหรือเสนอรูปแบบการค้นคว้า และทดลองเพื่อหาคำตอบ

4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา (Verifying the Solution) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้วิธีการแก้ปัญหาว่าผลที่เกิดขึ้น นั้นสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุหรือไม่ หรือผลที่ได้จะเป็นอย่างไร และนำไปใช้ได้อย่างไร

จากการศึกษาขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักการศึกษาหลายท่าน พบว่า จากกระบวนการแก้ปัญหาที่กล่าวมานี่จะเห็นว่ามีขั้นตอนในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้ โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นจะเริ่มต้นโดยการที่นักเรียนต้องระบุปัญหาจากเหตุการณ์ที่ครูได้กำหนดไว้แล้วหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขของปัญหาโดยศึกษาค้นคว้าและทดลองสร้างชิ้นงานเพื่อหาคำตอบ จนได้วิธีการแก้ปัญหานั้น ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของเวียร์ (Weir, 1974) ซึ่งได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ขั้นที่ 1) การระบุปัญหา ขั้นที่ 2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ ขั้นที่ 3) การหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ ขั้นที่ 4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา ไปใช้ในการวิจัยเพื่อหาความสามารถในการแก้ปัญหาต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ดังต่อไปนี้

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นการวัดทางจิตวิทยา ต้องใช้เครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงศักยภาพดังกล่าวออกมา ดังนั้น ครูจึงควรวัดและประเมินความสามารถในการ แก้ปัญหาทั้งด้านการทดสอบและสังเกตพฤติกรรมเช่นเดียวกับการประเมินผลการทดสอบอื่น ๆ ซึ่งทางสำนักทดสอบทางการศึกษา ได้เสนอเครื่องมือและวิธีการวัดที่จะใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ 4 ประเภท ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2539:66-74)

1) การสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้ในระหว่างการสอนของครู ซึ่งสะท้อน ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ช่วยให้เห็นการพัฒนาด้านการคิดของผู้เรียน การสังเกตการแก้ปัญหาของผู้เรียนมี 2 วิธี คือ การสังเกตแบบไม่ได้ตั้งใจ เช่น เวลาที่ผู้เรียนตอบคำถามหรือในการ ทำงานผู้เรียน

ใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ผู้สอนต้องบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้เป็นข้อมูลในการพิจารณา ส่วนการสังเกตอีกประเภทหนึ่ง คือ การสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจัดทำรายการและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า ซึ่งช่วยให้สังเกตได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้มากขึ้น

2) การประเมินตนเอง หมายถึง การให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเอง ว่ามีพฤติกรรม ในเรื่องการแก้ปัญหาอย่างไร เมื่อพบปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ซึ่งการประเมินตนเองนี้จะสะท้อนให้เห็น การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3) แบบสำรวจรายการ เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้สอนสร้างขึ้น เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรม ของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลที่เป็นกระบวนการที่มีการแบ่งแยกการกระทำหรือการแสดงออกต่าง ๆ ไว้อย่างชัดเจน

4) แบบทดสอบข้อเขียน การทดสอบข้อเขียนเป็นเครื่องมือที่สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร ผู้สอนต้องกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ ผู้เรียนได้แก้ปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงขั้นสุดท้าย ว่าจะให้ขั้นตอนละกี่คะแนน

ชวาล แพรัตกุล (2552) กล่าวว่า การประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียนนั้น การ ประเมินพฤติกรรมตรงหรือการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง จะเป็นการประเมินที่ดีที่สุด แต่มีข้อจำกัดในเชิงปฏิบัติที่สำคัญคือ ต้องสิ้นเปลืองแรงงานและเวลา มากเกินไป วิธีการวัดจะมีลักษณะเป็นอัตนัยและเมื่อได้ผลการวัดแล้วบางทีก็แปลความหมายไม่ ค่อยออก ไม่สามารถตัดสินใจได้อย่างเฉียบขาดนัก ซึ่งถ้าไม่สามารถใช้การวัดพฤติกรรมตรงได้ที่ ควรเลือกใช้แบบทดสอบโดยยกเอาข้อความหรือเหตุการณ์ที่เป็นสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์ จำลองมาเป็นต้นเรื่อง แล้วตั้งคำถามด้วยรูปแบบต่าง ๆ ให้นักเรียนพิจารณาและแก้ปัญหาไปตาม สถานการณ์นั้น ๆว่าจะทำอย่างไรหรือควรทำวิธีใด ซึ่งถ้านักเรียนคนใดตอบถูกเราก็อนุมานได้ว่า ถ้า เขาไปเผชิญกับปัญหาจริงในชีวิตแล้วเขาก็คงคิดและปฏิบัติในการแก้ปัญหาเหล่านั้นตามที่ตอบมา เพราะโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์เรามักจะปฏิบัติตามวิธีการที่เคยรู้เคยเข้าใจมาก่อน

วาสนา ประวาลพฤกษ์ (2543) กล่าวว่าการวัดความสามารถโดยใช้แบบทดสอบนั้นเป็นการวัดความสามารถการแก้ปัญหาในกระดาษ ซึ่งสภาพการณ์ของการประเมินเช่นนี้มีความสมจริงต่ำมาก การให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยการตอบในกระดาษคำตอบนั้นนักเรียนจะใช้ความคิดเป็นส่วนใหญ่ ยังไม่ถึงขั้นการปฏิบัติจริงและอาจเรียกได้เพียงว่า “เป็นการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหา” ไม่ใช่การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาในการปฏิบัติจริง

บรรดล สุขปิติ (2542) ได้บอกลักษณะของแบบประเมินผลการแก้ปัญหาที่ดีไว้ว่า ควรใช้แบบทดสอบในลักษณะของการกำหนดสถานการณ์ให้แก้ไขปัญหาและหลีกเลี่ยงการใช้ข้อคำถามที่วัดความรู้ในลักษณะแยกส่วนที่เป็นข้อคำถามที่วัดข้อละประเด็นย่อย ๆ ที่ไม่เกี่ยวกัน ไม่ควรถามความรู้ความจำมากจนเกินไปจนทำให้ผู้ที่ตอบได้คะแนนดีแต่ทำอะไรไม่เป็น โดยการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหานั้นในบางกรณีหรือในบางสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถใช้การปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหาได้ ก็มีความจำเป็นที่ต้องเลือกใช้แบบทดสอบเป็นเครื่องมือในการประเมินทดแทน แต่ต้องสร้างให้มีคุณภาพดีเลือกใช้ข้อคำถามที่วัดความคิดที่ลึกซึ้งมีความสัมพันธ์กับทักษะในการแก้ปัญหา โดยแบบทดสอบที่ใช้สำหรับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาที่สำคัญมี 6 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 แบบทดสอบการจัดการปัญหา

รูปแบบที่ 2 แบบทดสอบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบเลือกตอบ

รูปแบบที่ 3 แบบทดสอบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบอัตนัย

รูปแบบที่ 4 แบบทดสอบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบอัตนัยประยุกต์

รูปแบบที่ 5 แบบทดสอบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อคำถามแบบปรนัยประยุกต์

รูปแบบที่ 6 แบบทดสอบการวัด 3 ขั้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถแบ่งได้เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย แบบทดสอบแบบปรนัย แบบทดสอบประเมินตนเอง และแบบสังเกต ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่ง แบบทดสอบที่จัดทำขึ้นนี้มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยกำหนด 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ใช้ในการตอบคำถาม 4 ข้อ ตามกระบวนการแก้ปัญหาของ weir รวมมีข้อสอบทั้งสิ้นจำนวน 24 ข้อ เนื่องจากเป็นข้อสอบที่มีความชัดเจน สามารถวัดได้หลายสถานการณ์ มีความรวดเร็ว และยุติธรรม

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

อัมพร ม้าคนอง (2546:92-93) กล่าวว่า การให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาตามขั้นตอนจะช่วยให้ครูทราบระดับความเข้าใจของนักเรียนโดยตรง การประเมินผลข้อเขียนทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) Analytic scoring

Analytic scoring เป็นการให้คะแนนแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งครูต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าว่าจะให้นักเรียนทำที่ขั้นตอน แต่ละขั้นตอนใช้คะแนนอย่างไร ตัวอย่างการให้คะแนนในลักษณะดังกล่าว มีดังต่อไปนี้

การให้คะแนน โดยใช้ Analytic scoring

ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 0 : ไม่เข้าใจปัญหาเลย
1 : เข้าใจปัญหาเป็นบางส่วน
2 : เข้าใจปัญหาทั้งหมด

ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 0: วางแผนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม
1 : ใช้ข้อมูลจากปัญหาวางแผนการแก้ปัญหาถูกต้องเป็นบางส่วน
2 : แผนที่วางไว้จะให้คำตอบที่ถูกต้องได้ ถ้าดำเนินการถูกต้อง

ขั้นหาคำตอบ 0 : ไม่ได้คำตอบหรือคำตอบผิด
1: ได้อาตอบผิดจากการคำนวณผิดแต่มีบางส่วนถูกต้อง
2 : คำตอบถูกต้องสมบูรณ์

2) Focused holistic scoring

Focused holistic scoring เป็นเทคนิคการให้คะแนนการแก้ปัญหาทุกขั้นตอน ไม่เพียงแต่ดูที่คำตอบ เป็นการให้คะแนนโดยอิงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นักเรียนแต่ละคนจะได้รับ คะแนนตามคุณภาพของงานเป็นคะแนนตัวเดียวโดด ๆ ตัวอย่างการให้คะแนนดังกล่าวมี ดังนี้

การให้คะแนนโดยใช้ Focused holistic scoring

0 คะแนน - ไม่ตอบ
- ไม่เข้าใจปัญหามีเพียงข้อความที่คัดลอกจากโจทย์
- มีเพียงคำตอบที่ผิด

1 คะแนน - แสดงความเข้าใจการแก้ปัญหาแต่วิธีการไม่เหมาะสม
- กลวิธีเลือกไม่เหมาะสมและใช้จริงไม่ได้และไม่มีกลวิธีอื่นสำรอง
- แสดงความพยายามในการแก้ปัญหาย่อย ๆ ของปัญหาใหญ่แต่ทำไม่สำเร็จ

2 คะแนน - เข้าใจปัญหาแต่ใช้การแก้ปัญหาไม่ถูกต้องจึงได้คำตอบผิด
- ใช้กลวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมแต่ดำเนินการไม่ถูกต้องทำให้ได้คำตอบผิดหรือไม่ได้คำตอบ
- แก้ปัญหาย่อยได้บางส่วนแต่ไม่ได้ทั้งหมด

- ได้คำตอบที่ถูกต้องแต่ไม่เข้าใจงานที่ทำหรืออธิบายไม่ได้ การให้คะแนนโดยใช้ Focused holistic scoring

3 คะแนน - ใช้กลวิธีแก้ปัญหาเหมาะสมแต่เข้าใจผิดในเรื่องของเงื่อนไขหรือข้อมูลบางส่วนในปัญหา
- ใช้กลวิธีที่ถูกต้องแต่ตอบผิดหรืออธิบายเหตุผล ไม่ได้หรือไม่มีคำตอบ
- ได้คำตอบที่ถูกต้องจากกลวิธีที่เหมาะสมแต่วิธีที่แสดงให้ดูไม่ชัดเจน

4 คะแนน - เข้าใจปัญหาเป็นอย่างที่เลือกใช้กลวิธีที่เหมาะสมแต่คำนวณผิดพลาด
- เลือกและใช้กลวิธีที่เหมาะสมและได้คำตอบที่ถูกต้อง

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555, หน้า 115-118) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนนเป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความรู้และการปฏิบัติงานของนักเรียน ซึ่งสามารถแยกแยะความสำเร็จในการเรียนหรือคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน โดยต้องมีการกำหนดมาตรวัดและรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละระดับกลุ่มในมาตราวัดไว้อย่างชัดเจน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนอาจจะใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริค (Rubric)

รูบริค (Rubric) คือ ข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ของ นักเรียนจากระดับที่ยอดเยี่ยมไปจนถึงระดับที่ต้องพัฒนา โดยทั่วไปการให้คะแนนแบบรูบริค มี 2 รูปแบบดังนี้

1) การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) คือ การให้คะแนนผ่านชิ้นงาน โดยดูภาพรวมหรือองค์รวมของชิ้นงานนั้น ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การแก้ปัญหา	4 (ดีมาก)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมดและอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
	3 (ดี)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมดแต่อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้บางส่วน ยังไม่ชัดเจน

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
	2 (พอใช้)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วนและพยายามอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวแต่ไม่ถูกต้อง
	1 (ปรับปรุง)	- มีร่องรอยการดำเนินการการแก้ปัญหาได้บางส่วนแต่ไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าว
	0 (ไม่พยายาม)	- ไม่มีร่องรอยการแก้ปัญหาหรือมีร่องรอยการแก้ปัญหา แต่ไม่ถูกต้อง

2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) เป็นการวิเคราะห์งานออกเป็นองค์ประกอบย่อยและกำหนดคะแนนสำหรับแต่ละองค์ประกอบร่วม ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งเป็นการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การสรุปและตรวจสอบคำตอบ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การทำความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องบางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- ไม่เข้าใจปัญหา
การวางแผนการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- วางแผนแก้ปัญหาได้เหมาะสมชัดเจน
	2 (พอใช้)	- วางแผนแก้ปัญหาได้บางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- วางแผนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม
การดำเนินการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด
	2 (พอใช้)	- ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- ดำเนินการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 5 (ต่อ)

องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การสรุปและตรวจสอบคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- มีการสรุปและตรวจคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์ - มีการสรุปคำตอบแต่ไม่มีการตรวจคำตอบ - ไม่มีการสรุปและไม่มีการตรวจคำตอบ

จากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโจทย์ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนมี 2 แบบ คือ การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring) และการให้คะแนนเป็นภาพรวม (Focused Holistic Scoring) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแบบปรนัยประยุกต์ และเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic scoring) โดยเนื้อหาที่นำมาใช้เป็นสถานการณ์ กรณีศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง จำนวน 6 สถานการณ์ เป็นเครื่องมือสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้วิจัย

องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา	**คะแนนของความสามารถที่ปรากฏให้เห็น**		
	3	**2**	**1**
ขั้นระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้ถูกต้องตรงตามประเด็นและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง	ระบุปัญหาได้ตรงประเด็นแต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็น และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง
ขั้นการค้นหาและอธิบายสาเหตุ	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงประเด็นหรือมีความใกล้เคียงสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง	ระบุสาเหตุของปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็นหรือไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง
ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง	นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเป็นไปได้แต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง	นำเสนอวิธีแก้ปัญหาเป็นไปไม่ได้และไม่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง
ขั้นการพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา	วิเคราะห์ผลได้ตรงประเด็นกับวิธีการแก้ปัญหาพร้อมเหตุผลประกอบ	วิเคราะห์ผลได้ใกล้เคียงกับวิธีการแก้ปัญหาพร้อมมีเหตุผลประกอบ	วิเคราะห์ผลได้ไม่ตรงกับวิธีการแก้ปัญหาและไม่บอกเหตุผลประกอบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

สุกัญญา ศรีสาคร (2547:138-148) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแก้ปัญหาอนาคต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านทัพหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 24 คน ผลการวิจัย พบว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแก้ปัญหาอนาคตของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ได้ฝึกระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ หาวิธีแก้ปัญหาและวิเคราะห์ผลที่ได้รับ ซึ่งมีประโยชน์ เพราะช่วยให้นักเรียนสามารถคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้หลากหลายแนวทาง ทำให้นักเรียนมี เจตคติที่ดีต่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นหรืออาจจะเกิดขึ้นกับตนเองและสามารถนำกระบวนการคิดที่ได้ รับการฝึกไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

อัมพวา รักบิดา (2549:4) ศึกษาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปลายพระยาวิทยาคม อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยนักเรียนสามารถเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สามารถวางแผน แก้ปัญหาได้อย่างมีลำดับขั้นตอนสามารถนำเสนอสิ่งที่ตนค้นพบให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สามารถนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันรู้จักการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการเรียนและการแก้ปัญหา และเรียนรู้อย่างมีความสุข

พัทธมน นามปวน และคณะ (2557) ศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรม การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีประสิทธิพลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษาเท่ากับ 0.6655 ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 66.55

นัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้นร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูงและร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก

นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01

กรวิทย์ เกื้อคลัง และคณะ (2561) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละในแต่ละด้านตามลำดับ คือ ด้านความจำร้อยละ 75 ด้านความเข้าใจร้อยละ 75 ด้านการนำไปใช้ร้อยละ 75 ด้านการวิเคราะห์ร้อยละ 55 ด้าน การสังเคราะห์ร้อยละ 50 และด้านการประเมินผลร้อยละ 50

ธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตและคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ79.03/78.47 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 75/75 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน

ไปรยาลภัส สหพัฒนสมบัติ (2562) ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เศรษฐกิจพอเพียงกับการพัฒนาประเทศกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เศรษฐกิจพอเพียงกับการพัฒนาประเทศ กลุ่มสาระสังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย23.79 คะแนน จากคะแนน เต็ม 30 คะแนน ซึ่งสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรทิพย์ สังเกตุ (2564) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรวีย์ นาคเกษม (2564) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

สุดารา ทองแหยม (2566) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Shields (2006:2-15) ศึกษาผลของโครงการ Engineering is Elementary ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาของนิวเจอรี่ จำนวน 12 โรงเรียน โดยให้ครูจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ในหัวข้อลมและน้ำให้กับนักเรียนในระดับเกรด 3-5 จำนวน 450 คน พบว่า การจัดการ เรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา และมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีความรู้สึกเชิงบวกกับการเรียนทางด้านวิศวกรรม ด้วยครูผู้สอนเกิดความรู้สึกท้าทายและมีความสนใจที่จะสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

Diana (2012) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยใช้นักเรียนเกรด 3-8 เป็นกรณีศึกษา ให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความพื้นฐาน ให้จินตนาการ ศึกษาค้นคว้าสำรวจตรวจสอบ สร้างสรรค์ ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดการออกแบบของตัวเองให้เพื่อนๆ ได้รู้ จากผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM ในการให้นักเรียนได้ทำ

โครงงานส่งผลทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในภายภาคหน้าได้ เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และมีผลทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย

Tseng. Et al. (2013) ศึกษาทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ในกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทัศนคติของนักเรียนในการเรียนและแรงจูงใจในการสร้างความสามารถในการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี รวมถึงการออกแบบเครื่องมือหรือนวัตกรรมต่าง ๆ ด้วยศาสตร์ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนผู้เรียนมีความชอบในวิชาวิศวกรรมมากที่สุด และหลังเรียนพบว่านักเรียนมีทัศนคติต่อศาสตร์ต่าง ๆ ใน STEM และวิชาที่นักเรียนชอบมากที่สุดคือ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่ามีการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความเข้าใจมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติทางการเรียนให้สูงขึ้น เป็นต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่บูรณาการวิศวกรรมศาสตร์ เข้ากับการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความรู้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น โดยให้นักเรียนใช้กระบวรการทางวิศวกรรมศาสตร์มาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลอง
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 ห้องเรียน 80 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน โดยได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหา ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design (สมโภช อเนกสุข, 2559) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
G	O_1	X_1	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

G แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

X_1 แทน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภทดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
   2.1 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
   2.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามลำดับขั้นดังนี้

1. ศึกษาสาระ และผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2. ศึกษาเอกสาร หนังสือ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม

3. วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา โดยกำหนดขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ใช้เวลาทั้งสิ้น 16 คาบ คาบละ 50 นาที ดังรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ น้ำหนัก และเวลาเรียนของหน่วยการเรียนรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	ชิ้นงาน	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
1. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	**● การเคลื่อนที่แบบโพรเจกทล์** - การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ มีแนวการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งรูปพาราโบลาโดยเกิดการเคลื่อนที่ทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับไปพร้อม ๆ กัน การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ความเร่งเป็น 0) ซึ่งการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งเป็นอิสระต่อกัน	- ทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับกับการกระจัดในแนวดิ่ง - อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล	จากเหตุการณ์คนประสบภัยทางทะเล โดยจะทำการนำเครื่องบินไปช่วยเหลือแต่ต้องใช้การโยนเพื่อความแม่นยำ เราจึงต้องการสร้างเครื่องมือที่สะดวกมากยิ่งขึ้น	เครื่องยิงชูชีพเรือรบ	50	8

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	ชิ้นงาน	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ	**● การเคลื่อนที่แบบวงกลม** - การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนววงกลมหรือส่วนหนึ่งของวงกลมด้วยความเร่งคงตัว เรียกว่า ความเร่งสู่ศูนย์กลาง มีทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลางของวงกลม มีสมการเป็น $a_c = v^2/r$ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่แต่ทิศทางของความเร็วเปลี่ยนแปลง โดยแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมมีทิศทางเดียวกับความเร่งสู่	- ทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับคาบ แรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของ การเคลื่อนที่แบบวงกลม - อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่เกี่ยวข้องกับแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร่งสู่ศูนย์กลาง และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้นกับอัตราเร็วเชิงมุม - หาแรงลัพธ์ที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบวงกลม	จากสถานการณ์เรือไวกิ้งเคลื่อนที่ไปกลับเร็วเกินไป จากสถานการณ์ปัญหาเกิดจากการที่รอบเครื่องเล่นเรือไวกิ้งนั้นมีการเคลื่อนที่ ๆ เร็วทำให้ระยะเวลาเล่นนั้นสั้น จึงต้องการ	เรือไวกิ้งอันสูงส่ง	50	8

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	ชิ้นงาน	น้ำหนัก	เวลาเรียน (คาบ)
รวมทั้งคำนวณปริมาณ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	โน้มถ่วง แรงดึงในเส้นเชือกหรือแรงเสียดทานขณะรถที่กำลังเลี้ยวโค้ง	ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง มีสมการเป็น $F_c = mv^2/r$ โดยแรงนี้อาจเป็นแรง - นำหลักของการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของ รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์บนถนนโค้ง - ประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายและคำนวณการโคจรของดาวเทียม	- นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม			
		รวม			**100**	**16**

4. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 แผน แผนที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และแผนที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนประกอบด้วย

4.1 ผลการเรียนรู้

4.2 สาระสำคัญ

4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

4.4 สาระการเรียนรู้

4.5 กิจกรรมการเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 6 ขั้นตอน ดังนี้ (สสวท, 2559)

1) ระบุปัญหา

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

4.6 อุปกรณ์/สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

4.7 การวัดและประเมินผล

4.8 บันทึกหลังการสอน

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะสอดคล้องกับการบูรณาการ 4 สาขาวิชาและความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์กระบวนจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่สอดคล้องกับการบูรณาการ 4 สาขาวิชา และความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ขั้นการจัดการเรียนรู้	การบูรณาการ 4 สาขาวิชา	ด้านการแก้ปัญหา
1) ระบุปัญหา	S (Science) การควบคุมการเคลื่อนที่แนวโค้ง	การระบุปัญหา
2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	S (Science) การเขียนแผนและรูปแบบการเคลื่อนที่แนวโค้ง M (Math) คำนวณค่าของแรงและการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง T (Technology) สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์	การค้นหาและอธิบายสาเหตุ
3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	T (Technology) ใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อออกแบบสิ่งประดิษฐ์ M (Math) ทำการคำนวณขนาดที่เหมาะสมและออกแบบสิ่งประดิษฐ์	การหาวิธีการแก้ปัญหา
4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	T (Technology) ใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อออกแบบสิ่งประดิษฐ์ E (engineering) สร้างสิ่งประดิษฐ์ตามข้อจำกัด	การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา
5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	E (engineering) สร้างและใช้สิ่งประดิษฐ์ในการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาเพื่อระบุข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นและนำไปปรับปรุง	การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา
6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	T (Technology) นำเสนอหลักการโดยใช้วีดีโออธิบายเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์	การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสม และรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ อุปกรณ์ สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล และนำปรับปรุงแก้ไข

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเสร็จแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมโดยมีรายละเอียดการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสมใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

และมีเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 102-103)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือ ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นมีความเหมาะสม พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.79-4.85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.34-0.47 (ภาคผนวก ข หน้า 143) ซึ่งอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

7. ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

9. จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง คู่มือการวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ของสถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งวิธีการการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

2. ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบซึ่งแบ่งพฤติกรรมด้าน ต่าง ๆ 6 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ โดยจำนวนโครงสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สังเคราะห์	รวม (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ต้องการ
1. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และ ทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล	- อธิบายความหมาย ลักษณะของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้	2(1)	4(2)	-	2(1)	-	-	**8**	**4**
		- ทำการทดลองหาแนวทางการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้	-	-	2(1)	2(1)	-	-	**4**	**2**
		-เขียนกราฟระหว่างแนวทางการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้	-	2(1)	2(1)	8(4)	-	-	**12**	**6**
		- นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	-	4(2)	6(3)	2(1)	2(1)	2(1)	**16**	**8**

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	รวม (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ	- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- ทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับคาบแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของ การเคลื่อนที่แบบวงกลม	2(1)	-	-	2(1)	-	-	**4**	**2**
		- อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่เกี่ยวข้องกับแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร่งสู่ศูนย์กลาง และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้นกับอัตราเร็วเชิงมุม	4(2)	-	-	-	2(1)	-	**6**	**3**

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	รวม (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- หาแรงลัพธ์ที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบวงกลม	-	-	4(2)	-	-	-	**4**	**2**
		- นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม	-	2(1)	-	2(1)	-	-	**4**	**2**
		- นำหลักของการเคลื่อนที่แบบวงกลมไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของ รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์บนถนนโค้ง	-	-	6(3)	-	-	-	**6**	**3**

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							
			ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	รวม (ข้อ)	จำนวนข้อของแบบวัด
	- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- ประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายและคำนวณการโคจรของดาวเทียม	2(1)	-	6(3)	4(2)	-	4(2)	**16**	**8**
	รวม		**12 (6)**	**12 (6)**	**24 (12)**	**22 (11)**	**4 (2)**	**6 (3)**	**80**	**40**

หมายเหตุ : ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง จำนวนข้อของแบบวัด

ตัวเลขที่ไม่ได้อยู่ในวงเล็บ หมายถึง จำนวนข้อของแบบวัดที่สร้างขึ้น

3. สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์และเนื้อหาวิชา เป็นแบบวัดปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ โดยนำมาใช้จริง จำนวน 40 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์

4. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้ง ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

5. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาฟิสิกส์จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Index of item objective Congruence: IOC) ความถูกต้องทางภาษา ตัวเลือก และการใช้คำถามซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์และพฤติกรรม

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์และพฤติกรรม

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์และพฤติกรรม

6. นำผลการประเมินที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ได้จากการประเมินตั้งแต่ .05 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2552 หน้า 262) ซึ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 147)

7. ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ข หน้า 148)

8. นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่ได้ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง

9. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P) และอำนาจจำแนก (D) จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.33-0.65 และอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.43 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185-186) จำนวน 40 ข้อ (ภาคผนวก ข หน้า 153)

10. นำคะแนนมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539,หน้า 239-240) โดยแบบวัดมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.96 (ภาคผนวก ข หน้า 154)

11. จัดพิมพ์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 40 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาขั้นตอนการสร้าง

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2. สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและน้ำหนัก ในแบบวัดโดยมีเนื้อหาครอบคลุมองค์ประกอบของ Weir (1974, pp. 16-18) 4 ขั้นตอน คือ

2.1) ขั้นระบุปัญหา

2.2) ขั้นค้นหาและอธิบายสาเหตุ

2.3) ขั้นการหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ

2.4) ขั้นการพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา

3. สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) ตัวเลือก จำนวน 10 สถานการณ์ 40 ข้อ โดยต้องการใช้จริงจำนวน 6 สถานการณ์ 24 ข้อ โดย 1 สถานการณ์จะมี 4 ข้อคำถาม โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของเวียร์ (Weir, 1974) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การกำหนดโครงสร้างแบบวัดความสามารถการแก้ปัญหาจำแนกตามขั้นตอน

สาระการเรียนรู้	จำนวนสถานการณ์	จำนวนข้อสอบ					รวม (ข้อ)	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
		1. ระบุปัญหา	2. ค้นหาและอธิบายสาเหตุ	3. การหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ	4. การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา			
- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล	5(3)	5(3)	5(3)	5(3)	5(3)		20	12
- การเคลื่อนที่แบบวงกลม	5(3)	5(3)	5(3)	5(3)	5(3)		20	12
รวม	**10(6)**	**10(6)**	**10(6)**	**10(6)**	**10(6)**		**40**	**24**

4. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อสอบกับขั้นตอนการแก้ปัญหาวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบกับขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดสามารถวัดจุดประสงค์ตามขั้นตอนนั้น ๆ ได้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบวัดสามารถวัดจุดประสงค์ตามขั้นตอนขั้นนั้นหรือไม่

-1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดไม่สามารถวัดจุดประสงค์ตามขั้นตอนขั้นนั้น ๆ

6. นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแล้วพิจารณาเลือก แบบวัดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ .50 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2552 หน้า 262) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 (ภาคผนวก ข หน้า 156)

7. ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ข หน้า 157)

8. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ได้ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

9. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (P) และอำนาจจำแนก (D) จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.44-0.60 และอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.65 ขึ้นไป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185-186) จำนวน 40 ข้อ (ภาคผนวก ข หน้า 162)

10. นำคะแนนมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของครอนบัค (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117) โดยแบบวัดมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.84 (ภาคผนวก ข หน้า 163)

11. จัดพิมพ์แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 24 ข้อ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาจำนวน 1 ห้องเรียน จาก 2 ห้อง เป็นกลุ่มทดลอง
2. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน
3. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เวลา 1 คาบ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เวลา 1 คาบ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแล้ว รวมใช้เวลา 2 คาบ
4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มทดลอง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 2 แผน ใช้เวลา 16 คาบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง
5. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ฉบับเดียวกัน เวลา 1 คาบ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฉบับเดียวกัน เวลา 1 คาบ รวมใช้เวลา 2 คาบ โดยใช้วิธีสลับข้อที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

6. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1

2. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ทดลองหลังเรียนและเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยสถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

3. ทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ทดลองก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3

4. ทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ทดลองก่อนเรียนและเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยสถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนของนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539)

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในแก้ปัญหา และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2548)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยาก (P) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และแบบวัดความสามารถในแก้ปัญหา โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$P = \frac{R_H+R_L}{N_H+N_L}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

R_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H, N_L}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ

R_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

2.4 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้สูตร (Scannell and Tracy, 1975 : 228)

$$r = \frac{S_H - S_L}{n_H(x_{max} - x_{min})}$$

r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ

S_H แทน คะแนนรวมรายข้อของกลุ่มที่ได้คะแนนสูง

S_L แทน คะแนนรวมรายข้อของกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ

n_H แทน จำนวนผู้สอบที่อยู่ในกลุ่มสูง

X_{max} แทน คะแนนสูงสุดที่ผู้สอบทำได้

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ผู้สอบทำได้

2.5 หาความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้สูตรโลเวทท์ (Lovett, 241-243 อ้างถึงใน อังคณา สายยศ, 2539 : 25-36)

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

เมื่อ r_{CC} แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัดอิงเกณฑ์

X_i แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

C แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบวัด

2.6 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117)

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

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1 และ 3 (สมโภช อเนกสุข, 2559)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ

n แทน จำนวนคู่ของคะแนนที่นำมาเปรียบเทียบ

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

3.2 ใช้สถิติการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียวเพื่อทราบคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มจะแตกต่างจากมาตรฐานหรือไม่ (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 2 และ 4

$$t = \frac{\bar{x}-\mu}{\frac{S}{\sqrt{N}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

x แทน คะแนนเฉลี่ยที่วัดได้จริง

μ แทน คะแนนมาตรฐาน

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N แทน จำนวนประชากร

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเสนอผลการวิจัย ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{x}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
s	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจกแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	s	df	t	p (1-tailed)
ก่อนเรียน	40	20.58	8.59	39	8.001*	.000
หลังเรียน	40	29.60	7.97			

* $p < .05$

จากตารารางที่ 12 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 20.58 และหลังเรียนเท่ากับ 29.60 มีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียนเท่ากับ 8.59 และหลังเรียนเท่ากับ 7.97 ดั้งนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 171) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบร้อยละของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม ก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	ลำดับพัฒนาร้อยละของคะแนนเฉลี่ย
		$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
ความรู้ความจำ	6	3.03	50.42	4.45	74.17	23.75	2
ความเข้าใจ	6	3.30	55.00	4.30	71.67	16.67	5
ประยุกต์ใช้	12	6.20	51.67	9.10	75.83	24.16	1
วิเคราะห์	11	5.35	48.64	7.93	72.05	23.41	3
ประเมินค่า	2	0.95	47.50	1.43	71.25	23.75	2
คิดสร้างสรรค์	3	1.75	58.33	2.38	79.17	20.84	4
รวม	40	20.58	51.45	29.60	74.00	-	-

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยของด้านการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยด้านประยุกต์ใช้มีพัฒนาการของคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด และด้านความเข้าใจมีพัฒนาการคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 (28 คะแนนจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	n	เกณฑ์	$\bar{x}$	s	df	t	p (1-tailed)
หลังเรียน	40	28	29.60	7.97	39	23.478*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 14 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 29.60 คิดเป็นร้อยละ 74 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (28 คะแนนจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน) มีส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยเท่ากับ 7.97 ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 172) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	n	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p (1-tailed)
			$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
การระบุปัญหา	40	18	9.73	1.99	14.93	1.73	14.884*	.000
การค้นหาและอธิบายสาเหตุ	40	18	9.18	2.01	13.86	1.70	10.931*	.000
การหาวิธีการแก้ปัญหา	40	18	9.50	1.97	13.38	1.56	10.502*	.000
การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา	40	18	9.15	2.32	12.73	1.54	8.295*	.000
รวม	40	72	37.55	5.08	54.90	5.51	17.867*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 37.55 และหลังเรียนเท่ากับ 54.90 มีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.08 และหลังเรียนเท่ากับ 5.51 ดังนั้น ความสามารถในการแก้ปัญหาของ

นักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 176-177) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ 3

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งได้ 4 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ 3) การหาวิธีการแก้ปัญหา 4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา พบว่า การแก้ปัญหาทุกขั้นตอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยขั้นที่ 1) การระบุปัญหานักเรียนแสดงออกมาได้สูงที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.93 2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.86 3) การหาวิธีการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.38 และ 4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.73 ตามลำดับ

4. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	**n**	**เกณฑ์ 70%**	**หลังเรียน**			***t***	***p* (1-tailed)**
			$\bar{x}$	***s***	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
การระบุปัญหา	40	12.6	14.93	1.73	82.94	54.551*	.000
การค้นหาและอธิบายสาเหตุ	40	12.6	13.86	1.70	77.00	51.696*	.000
การหาวิธีการแก้ปัญหา	40	12.6	13.38	1.56	74.33	54.093*	.000
การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา	40	12.6	12.73	1.54	70.72	52.407*	.000
รวม	40	50.4	54.90	5.51	76.25	62.975*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 16 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 54.90 และมีค่าเฉลี่ยส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.51 คิดเป็นร้อยละ 76.25 ดังนั้น ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ภาคผนวก ข หน้า 178) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งได้ 4 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ 3) การหาวิธีการแก้ปัญหา 4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา พบว่า การแก้ปัญหาทุกขั้นตอนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยขั้นที่ 1) การระบุปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 82.94 2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 77.00 3) การหาวิธีการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 74.33 4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70.72 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนกับหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 2 แผน แผนละ 8 ชั่วโมง ได้แก่ 1) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2) การเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยมีค่าความเหมาะสมอยู่ที่ 4.85 และ 4.79

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 40 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33-0.65 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.43 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมทั้งสิ้น 24 ข้อ ซึ่งมีค่าคามยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.44-0.60 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.65 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยมีการดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest-posttest design) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ดังนี้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) การทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) และการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test)

สรุปผลการวิจัย

1. คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. คะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและตั้งประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ซึ่งมีบริบทที่ใกล้เคียงกับเหตการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สืบเสาะ หาความรู้ ค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น ตามแนวคิดของ Vasquez, Comer and Sneider (2013: 18-19) แล้วนำมาอภิปราย สรุปความรู้ของตนเองให้เพื่อนในกลุ่มฟัง ส่งผลให้นักเรียนเห็นถึงคุณค่าของความรู้ที่ได้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรง ซึ่งเกิดจากการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มที่มีความแตกต่างกัน และยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการบูรณาความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชาด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ

คณิตศาสตร์ ให้นักเรียนได้ออกแบบการแก้ปัญหาในรูปแบบการสร้างแบบจำลองด้วยตัวเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ศานิกานต์ เสนีวงศ์ (2556:30)

นอกจากนี้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังกล่าวมาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียน สืบค้นหาความรู้ด้วยตนเอง แล้วนำมาสรุปให้ออกมาเป็นแนวทาง เพื่อใช้ในการพัฒนาความรู้ที่ผู้เรียนมี โดยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (สสวท, 2559) มีขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นที่ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้รู้จักการกำหนดประเด็นปัญหา และสาเหตุของปัญที่มีความท้าทายความสามารถของนักเรียนทำให้นักเรียนสนใจและมีแรงกระตุ้นที่จะหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง

1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นที่ผู้เรียนทำการรวบรวมข้อมูลและนำแนวคิดจากการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และรวบรวมข้อมูลที่สืบค้นเกี่ยวกับความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด และเพื่อให้ได้ความรู้อย่างถูกต้อง ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ เพื่อเป็นการทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนให้มากยิ่งขึ้น

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับมาเสนอเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด ครูและนักเรียนทำการจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อสร้างชิ้นงานไว้สำหรับแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันวางแผนดำเนินการสร้างชิ้นงาน เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ วิธีเก็บข้อมูล และการบันทึกข้อมูลเป็นต้น โดยครูจะเป็นผู้ให้การอำนวยความสะดวกและคอยให้คำแนะนำแก่นักเรียน

1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นการทดสอบชิ้นงานที่นักเรียนทำการสร้างขึ้นโดยผลที่ได้จากการทะลองจะทำให้ผู้เรียนพบข้อผิดพลาดของกลุ่มตนเองซึ่งจะนำมาใช้ปรับปรุงและแก้ไขเพื่อพัฒนาชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ และนักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่สูงขึ้น และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับ

นัสรินทร์ บือซา (2558) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้นร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูงและร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยของเกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด และกรวิทย์ เกื้อคลัง และคณะ (2561) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องสภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่นของนักเรียนจากการประเมินตามสภาพจริงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละในแต่ละด้านตามลำดับ คือ ด้านความจำร้อยละ 75 ด้านความเข้าใจร้อยละ 75 ด้านการนำไปใช้ร้อยละ 75 ด้านการวิเคราะห์ร้อยละ 55 ด้าน การสังเคราะห์ร้อยละ 50 และด้านการประเมินผลร้อยละ 50 ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ คอนสตรัคชั่นนิซึมของ Papert (1989) ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง สร้างสรรค์ผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ และสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของเพียร์เจต์ ซึ่งทฤษฎีนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างผลิตผลที่มีความหมายกับตนเอง เมื่อมีการสร้างผลงานออกมาแล้ว ก็จะถือว่านักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. ความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และข้อที่ 4 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดเด่นในการกำหนดสถานการณ์ที่มีบริบทที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวันและสถานการณ์แต่ละเรื่อง สอดคล้องกับแนวคิดของ Sharp (1991) ได้กล่าวไว้ว่า การแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เป็นการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยเริ่มจากการรับรู้ความต้องการของมนุษย์ รวบรวมข้อมูล สร้างวิธีการที่หลากหลาย จากนั้นประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ในการสร้างวิธีการหรือ สิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ควรมีความหลากหลายไม่ซ้ำเพราะเป็นสิ่งที่จะทำให้ผู้เรียนมีความสนใจและต้องการที่จะเรียนรู้ และอยากที่จะแก้ไขปัญหา โดยในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพนั้น ผู้เรียนควรมีลำดับ ขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ และมีความเหมาะสม สอดคล้องกับแนวคิดของ Bonem (2008) โดยใช้ความสามารถในการแก้ปัญหา เข้ามาช่วย เริ่มตั้งแต่การระบุปัญหา และสาเหตุของปัญหา นอกจากนี้ขั้นการวางแผนการออกแบบ และการสร้างชิ้นงานก็เป็นขั้นที่มีความสำคัญที่นักเรียนจะได้ลงมือกระทำการแก้ปัญหาด้วยตนเอง จากการวางแผนมาอย่างดีแล้ว ซึ่งนักเรียนจะต้องบูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา มาร่วมกันสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้ เรียนได้พัฒนาการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธีความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของเวียร์ (Weir, 1974) มีขั้นตอน ดังนี้

1) การระบุปัญหา (Statement of the Problem) เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วพิจารณาว่าปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นมีปัญหาอย่างไร

2) การค้นหาและอธิบายสาเหตุ (Defining the Problem or Distinguishing Essential) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องพิจารณาว่าอะไรคือสาเหตุที่แท้จริงที่ เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

3) การหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ (Searching for and Formulating a Hypothesis) เป็นขั้นที่นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสาเหตุของ ปัญหามากที่สุด แล้วสรุปออกมาในรูปสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบหรือเสนอรูปแบบการค้นคว้า และทดลองเพื่อหาคำตอบ

4) การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา (Verifying the Solution) เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้วิธีการแก้ปัญหาว่าผลที่เกิดขึ้น นั้นสอดคล้องกับปัญหาที่ระบุหรือไม่ หรือผลที่ได้จะเป็นอย่างไร และนำไปใช้ได้อย่างไร

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครูจะมีสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ทำเพิ่มเติม เพื่อฝึกฝนและทบทวนการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้อย่างชำนาญ ซึ่งสอดคล้องกับธัญญารัตน์ ธนูรัตน์ (2553:45-50) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) กับนักเรียนจำนวน 16 คน ผลการวิจัยพบว่า ด้านความสามารถในการแก้ปัญหา มีจำนวนนักเรียนที่ ผ่านเกณฑ์ 12 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คือร้อยละ 70 โดยการเรียนการสอนแบบสืบเสาะนี้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงความสามารถอย่างเต็มที่ การใช้คำถามที่จะช่วยให้ นักเรียนคิดหาคำตอบทำให้นักเรียนค้นพบตัวยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น มีความกระตือรือร้นที่จะสืบเสาะหาคำตอบ เกิดความเข้าใจสาระการเรียนรู้อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตและคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ79.03/78.47 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 75/75 ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับ Tseng. Et al. (2013) ศึกษาทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM Education ในกิจกรรมการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ทัศนคติของนักเรียนในการเรียนและแรงจูงใจในการสร้างความสามารถในการเรียนรู้ ให้ผู้เรียน สามารถแก้ปัญหาได้โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยี รวมถึงการออกแบบเครื่องมือหรือนวัตกรรมต่าง ๆ ด้วยศาสตร์ด้านวิศวกรรมศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนผู้เรียนมีความชอบในวิชาวิศวกรรมมากที่สุด และหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีทัศนคติต่อศาสตร์ต่าง ๆ ใน STEM และวิชาที่นักเรียนชอบมากที่สุดคือ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่าในขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องจับกลุ่มปฏิบัติการทดลองสร้างเครื่องมือแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนสนุกสนานไปกับการทำกิจกรรมจนลืมเวลาที่ครูกำหนดให้ในการทำกิจกรรม ดังนั้นครูจึงต้องคอยเน้นย้ำเรื่องเวลากับนักเรียน หรือทำการจับเวลาโดยให้นักเรียนเห็นอย่างทั่วถึงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันบริหารจัดการเวลาในการสร้างอุปกรณ์ให้เสร็จเรียบร้อยตามเวลาที่ครูกำหนดให้

2) ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ ต้องคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้และทักษะดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง หากนักเรียนยังมีความรู้หรือทักษะดังกล่าวไม่เพียงพอ ครูควรสอนทบทวนหรือฝึกฝนนักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อาจจะนำไปประยุกต์ใช้ได้ในเนื้อหาวิชาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ ดาราศาสตร์ และควรยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นใกล้ตัวเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตสถานการณ์เหล่านั้นได้ด้วยตนเอง และแก้ปัญหาจากสถานการณ์เหล่านั้นได้

2.2 จากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่าง หรือกลุ่มเป้าหมาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบปกติ รวมถึงศึกษาร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาพฤติกรรมการเรียนรู้ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ฉบับที่สิบเอ็ด พ.ศ. 2555-2559*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *ผลสอบคะแนน O-NET*.สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ./moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=53938&Key=news_Surachet

กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *การประเมินจากสภาพจริง*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กรวิทย์ เกื้อคลัง และคณะ. (2561). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 18*(2), 124-135.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปริญญานิพนธ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เขมวดี พงษานนท์ และกวิน เชื่อมกลาง. (2557). *สะเต็มศึกษา: นวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพัทลุง เขต 2./http://www.phatthalung2.go.th/myoffice/2557/data/tkk7/25571101_115805_9011.pdf

คณะกรรมธิการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสรเทศ. (2558). *รายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์*. STEMEDTHAILAND./http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/09/STEM-Education----------.pdf

จำรัส อินทลาภาพรมารุต พัฒผล วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, 8*(1), 61-73.

ชลาธิป สมาหิโต. (2557). *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดกิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์สำหรับปฐมวัย.* เมื่อวันที่ 18 มกราคม และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ณ สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล.* พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์).

นิภา เมธาวีชัย. (2536). *การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมวิชาการสถาบันราชภัฏธนบุรี.

นิยม ศรียะพันธ์.(2541). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการเรียน แบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธนวรรธณ์ ศรีวิบูลย์รัตและคณะ. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ (สทมส.)*. 25(2), 197-207.

ธัญญารัตน์ ธนูรัตน์. (2553). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของวัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle)*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บรรดล สุขปิติ. (2542). *การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์.* นครปฐม: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2535). *ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: B&B Publishing.

ไปรยาลภัส สหพัฒนสมบัติ (2562) *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เศรษฐกิจพอเพียงกับการพัฒนาประเทศกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์,คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ประวิตร ชูศิลป์. (2542). *หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัด.

พัทธมน นามปวน นันทรัตน์ เครืออินทร์ และฉัตรชัย เครืออินทร์. (2557). *รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษา(STEM education) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* บทคัดย่อการประชุมวิชาการ ระดับชาติศึกษาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 1 คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี วันที่ 29 – 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ณ โรงแรมหรรษา เจบี อำเภอ หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยนิดีสุข. (2557). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรทิพย์ สังเกตุ (2564) *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์,คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Educationกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่21. *วารสารนักบริหาร, 2*(2), 49-56.

ภพ เลาหไพลบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

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

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์.* พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพ ฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539. *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตร การสอน และการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

ศานิกานต์ เสนีวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอริงามิ*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), 42(185), 10-13.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิม CLASSICAL TEST THEORY*. พิมพ์ครั้งที่6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์. (2543). *ระบบการวัดและประเมินผลผู้เรียนระดับอุดมศึกษาตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย.

สุดารา ทองแหยม (2566). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 17*(2), 20-37.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดสาระกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา*. STEMEDTHAILAND./http://www.stemedthailand.org/?page id=23

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). STEMEDTHAILAND./ http://www.stemedthailand.org/?knowstem=สะเต็มศึกษาและการออกแบบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

สุกัญญา ศรีสาคร. (2547). *การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการคิดแก้ปัญหาอนาคต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุธีระ ประเสริญสรรพ์. (2558). *สะเต็มศึกษา : ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). *สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. สสวท., 42, 3.

สุรัตน์ แท่นประเสริฐกุล. (2556). *ครุณสิกขาลัย : จากงานวิจัยต้นแบบโรงเรียนนวัตกรรมการเรียนรู้ในประเทศไทย*. นำเสนอในรายงานประชุมวิชาการ หัวข้อ การพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). *จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

สุวิมล เขี้ยวแก้ว. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา*. ปัตตานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมนึก ภัททิยธานี. (2537). *การวัดผลศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยธานี. (2555). *การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8)*. กรุงเทพฯ: ประสานพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 4)*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา .

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

สรวีย์ นาคเกษม. (2564). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์,คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *คู่มือการพัฒนาหลักสูตรและการสอน*. กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2555). *คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ National Science and Technology Development Agency. (2562). *ผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขัน ประจำปี 2562*. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยแห่งชาติ (สวทช.)./ https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/12907-imd-competitiveness-ranking

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). *เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี(สสวท.),42(185), 10-13.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2557). *เรื่องเล่าจาดงานประชุม ITEEA ครั้งที่ 76*. สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(189), 54-56

อัมพวา รักบิดา. (2549). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อัมพร ม้าคนอง. (2546). *คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

อุปการ จีระพันธุ. (2556). *สะเต็มศึกษา ของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่*. สถาบัญส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(185), 32-37

อุษณีย์ โพธิสุข. (2544). *สร้างสรรค์นักคิด:คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ ด้านทักษะความคิดระดับสูง*. กรุงเทพฯ: บริษัท รัตนพรชัย จำกัด.

Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Education Objectives*. (Complete edition). New York: Longman.

Asunda, P.A., & Mativo, J. (2015). *Integrated STEM: A NEW PRIMER FOR TEACHING TECHNOLOGY EDUCATION*. Technology & Engineering Teacher, 75(4), 8-13.

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives book 1: Cognitive comain. London: Longman Group Limited.

Bonem, J. M. (2008). *process Engineering Problem Solving: Avoiding "The Problem Went Away, but it came Back."* Syndrome New Jersey, USA: Wiley-Interscience.

Capraro et al. (2013). *STEM Project-based learning*. Texas: Sense publisher.

Diana, L.R. (2012)" lntegrated STEM Education through Project-Based Learning",lntergrated STEM education through Project-Based Learning. http:,7wriwv.rondout.k12.ny.us/common/page/DisplayFite.aspx?item[d=16466975. March, 2016.

Eck, R. W., & Wilhelm, W. J. (2007). *Guided design: an approach to education for the practice of engineering education*. Engineering Education, 1979, 191-197.

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

Fogler, H. S., & LeBlanc, S. E. (2007). *Strategies for Creative Problem Solving*. Newyork:

Prentice Hall.

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

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington, DC: The National Academies Press.

Klopfer, L. E. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. USA: McGraw-Hill Inc: Califonia, Wadsworth.

Mitts, C. R. (2016). *why STEM?*. Technology & Engineering Teacher, 75(6), 30-35.

Museum of Science. (2007). *Engineer is elementary: Engineering for children*. Retrieved February 5, 2020, from www.mos.org/eie/index.php

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Papert, S. (1989). *Contructionism: Anew Opportunity for Elementary Science Education*. Retrieved February 5, 2020, from http://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=8751190

Rachel, B. J. (2008). *Science, technology, engineering, and math*. Retrieved February 5, 2020, from http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf

Roderic, W. L. (2001). *The design process*. Retrieved February 5, 2020, from www.micron.com/students/engineer/design.html

Sharp, J. J. (1991). *Methodologies for Problem Solving: An Engineering Approach*. The Vocational Aspect of Education, 114 (April 1991), 147-157.

Shaw, M. C. (2001). *Engineering Problem Solving*. Arizona State University, USA: William Andrew.

Shields C. (2006). *Engineering our future New Jersey elementary school*. Retrieved February 5, 2020, from http://www.ciese.org/papers/2006/ASEE_paper_G.doc

Tallent, Mary K. (1985). *"The Future Problem Solving Program : An Investigation of Effects on Problem SolvingAbility."* DissertationAbstract International 9.

Thayer School of Engineering at Dartmouth. (2014). *What is engineering problem*

solving. Retrieved February 5, 2020, from http://thayer.dartmouth.edu/teps /what.html

Thornburg, D. D. (2008). *Why STEM Topics are Interrelated: The Importance of Interdisciplinary Studies in K-12.* Retrieved February 5, 2020, from http://tcse-k12.org/pages/stem.pdf

Tseng. Et al. (2013) *Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment 2013*(23): 87-102

Vasquez, J. A. Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8 Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth: Heinemann.

Weir, J. J. (1974). *"Problem Solving is Every body's Problem",The Science Teacher*. 4 (April1974), 16–18.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อวิจัย
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อวิจัย
- แบบรายงานผลการพิจารณาจริธรรมการวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิยาลัยบูรพา

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๖๑๗ **วันที่** ๑๐ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ (คณะศึกษาศาสตร์)

ด้วย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๑๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญท่านซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารแนบ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๓-๐๐๐๑๕๙๑ หรือที่ E-mail: 62910110@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

มัณฑนา รังสิโยภาส

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มัณฑนา รังสิโยภาส)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๐๐๑

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

๑๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ดร.ธนาวุฒิ ลาดวงษ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพพร โลมารักษ์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูงเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๓-๐๐๐๑๕๙๑ หรือที่ E-mail: 62910110@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

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

สำเนาเรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทพพร โลมารักษ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
อีเมล์ grd.buu@go.buu.ac.th

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน มหาวิทยาลัยบูรพา บัณฑิตวิทยาลัย โทร. ๒๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
ที่ อว ๘๑๓๗/๒๖๑๘ **วันที่** ๑๐ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๖
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ (คณะศึกษาศาสตร์)

ด้วย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญท่านซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงของเครื่องมือวิจัย ดังเอกสารแนบ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๓-๐๐๐๑๕๙๑ หรือที่ E-mail: 62910110@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

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

ที่ อว ๘๑๓๗/๒๐๐๒

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

๑๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนมาบยางพรวิทยาคม จังหวัดระยอง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงวิทยานิพนธ์
๒. เครื่องมือวิจัย

ด้วย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดละเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ดร.ธนาวุฒิ ลาดวงษ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือการวิจัย นั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอเรียนเชิญบุคลากรในสังกัดของท่าน คือ อาจารย์ทวีโรจน์ กาวิชา ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์สูงเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวอย่างดียิ่ง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย ดังเอกสารแนบ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๓-๐๐๐๑๕๙๑ หรือที่ E-mail: 62910110@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

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

สำเนาเรียน อาจารย์ทวีโรจน์ กาวิชา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร ๐๓๘ ๑๐๒ ๗๐๐ ต่อ ๗๐๕, ๗๐๗
อีเมล์ grd.buu@go.buu.ac.th

ที่ อว ๘๑๓๗/๗๑๗

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

๔ เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน บาทหลวง ผศ.ดร.ชาติชาย พงษ์ศิริ ผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๑๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ดร.ธนาวุฒิ ลาดวงษ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕/๒ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน ๑ ห้องเรียน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๒ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน ๑ ห้องเรียน รวมเป็น ๒ ห้องเรียน โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน ๘๐ คน ระหว่างวันที่ ๑ - ๕ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๗ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๓-๐๐๐๑๕๙๑ หรือที่ E-mail: 62910110@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

มัณฑนา รังสิโยภาส

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

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

ที่ อว ๘๑๓๗/๗๑๘

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

๔ เมษายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน บาทหลวง ผศ.ดร.ชาติชาย พงษ์ศิริ ผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วยนายกรณ์ กูรมะสุวรรณ รหัสประจำตัวนิสิต ๖๒๙๑๐๑๑๑๐ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ แบบเต็มเวลา แผนการเรียน แบบ ก ๒ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยมี ดร.ธนาวุฒิ ลาดวงษ์ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้น ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๑ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา จำนวน ๑ ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน ๔๐ คน ระหว่างวันที่ ๘ - ๓๑ เมษายนพ.ศ. ๒๕๖๗ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘๓-๐๐๐๑๕๙๑ หรือที่ E-mail: 62910110@go.buu.ac.th

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

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

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

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา)
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เทพพร โลมารักษ์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ (ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา)
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรีพร อนุศาสนนันท์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล)
4. อ. ทวีโรจน์ กาวิชา	อาจารย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนมาบยางพนวิทยาคม (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์)
5. อ. พิชญ์ตาภรณ์ จินดาสวัสดิ์	ครูชำนาญการ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์)

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัด
- ตารางแสดงการปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D)
- ตารางแสดงผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า t-test

การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 17 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.4 มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ภาษามีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 มีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 มีความยากง่ายเหมาะสมกับชั้นเรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
3.4 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา								
4.1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.1.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.1.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.1.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.1.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา								
4.2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.2.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา								
4.3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.3.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา								
4.4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.4.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน								
4.5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.5.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.5.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน								
4.6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.6.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
4.6.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.5 เหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.3 การวัดและประเมินผลที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.4 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
สรุปแผนที่ 1						**4.85**	**0.34**	**มากที่สุด**

ตารางที่ 18 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สาระสำคัญ								
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.2 มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
1.4 มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ภาษามีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 มีความเหมาะสม ชัดเจน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 มีความยากง่ายเหมาะสมกับชั้นเรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4. กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1 ขั้นระบุปัญหา								
4.1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.1.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจ	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.1.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.1.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.1.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา								
4.2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.2.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา								
4.3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.3.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.3.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา								
4.4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.4.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.4.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน								
4.5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.5.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.5.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน								
4.6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	3	4.60	0.90	มากที่สุด
4.6.2 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้จัดกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.6.3 เร้าความสนใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.6.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
4.6.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	*s*	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
5. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และกิจกรรม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 เร้าความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
5.5 เหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.3 การวัดและประเมินผลที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
6.4 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
สรุปแผนที่ 2						**4.79**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 17-18 ผลค่าเฉลี่ยการประเมินระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ชั้นระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน สรุปได้ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
11	0	+1	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
24	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
37	0	+1	+1	+1	-1	0.80	ใช้ได้
38	0	+1	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้
39	0	+1	+1	+1	0	0.60	ใช้ได้
40	0	+1	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
49	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
53	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
56	+1	+1	+1	+1	-1	1.00	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
59	0	+1	+1	+1	0	0.60	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
61	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
62	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
63	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
64	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
65	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
66	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
67	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
68	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
69	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
70	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
71	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
72	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
73	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
74	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
75	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
76	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
77	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
78	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
79	0	+1	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้
80	0	+1	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้

จากตารางที่ 19 เมื่อวิเคราะห์ผลคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน พบว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด ระหว่าง .60 ถึง 1.00

สรุปการปรับแก้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

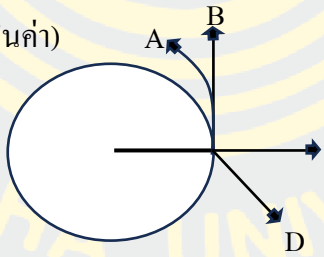
ตารางที่ 20 การปรับแก้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
ควรมีประธานในประโยค	7. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไม่ ถูกต้อง (วิเคราะห์) ก. แรงลัพธ์ที่กระทำ กับวัตถุคงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ค. ความเร่งในการเคลื่อนที่คงที่ตลอดการเคลื่อนที่ ง. เป็นการเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งไป พร้อมกัน	7. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (วิเคราะห์) ก. โพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่อย่างอิสระ ข. โพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ 2 แนว โดยแต่ละแนวความเร็วคงที่ ค. โพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ 2 แนว โดยแต่ละแนวความเร็วไม่คงที่ ง. โพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ 2 แนว โดยแนวหนึ่งความเร็วคงที่ อีกแนวหนึ่งความเร็วไม่คงที่
แก้ไขโจทย์	23. จากข้อ 31 จงหาความเร็วปลาย (การประยุกต์ใช้) ก. 9 เมตรต่อวินาที ข. 10 เมตรต่อวินาที ค. 10.4 เมตรต่อวินาที ง. 11.8 เมตรต่อวินาที	23. จากข้อ 22 จงหาความเร็วปลาย (การประยุกต์ใช้) ก. 9 เมตรต่อวินาที ข. 10 เมตรต่อวินาที ค. 10.4 เมตรต่อวินาที ง. 11.8 เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
แก้ไขโจทย์	37. บนยอดตึกสูง 50 เมตร เกิดเหตุเพลิงไหม้ ตำรวจ ดับเพลิงฉีดน้ำด้วยความเร็วของสายน้ำ 40 เมตร/วินาที ทำมุม 30 องศากับแนวระดับ จงหาว่าสายน้ำ จะ พุ่งไปถึงจุดที่เกิดเพลิงไหม้ที่ระยะใด (สร้างสรรค์) ก. ถึงจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ ข. ถึงเพียงครึ่งทาง ค. ไกลกว่าจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง	37. บนยอดตึกสูง 50 เมตร เกิดเหตุเพลิงไหม้ ตำรวจดับเพลิงฉีดน้ำด้วยความเร็วของสายน้ำ 40 เมตร/วินาที ทำมุม 37 องศากับแนวระดับ หากจุดที่ยืนห่างจากตึก 40 เมตร จงหาว่าสายน้ำจะพุ่งไปถึงจุดที่เกิดเพลิงไหม้ที่ระยะใด (สร้างสรรค์) ก. ถึงจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ ข. ถึงเพียงครึ่งทาง ค. ไกลกว่าจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
โจทย์ รูปแบบวิเคราะห์	38. ดีดเหรียญจำนวน 3 เหรียญออกจากหน้าผาพร้อมกัน โดยให้แรง A มากที่สุด ตามด้วย B และ C ตามลำดับ เหรียญใดจะตกถึงพื้นก่อนกัน (สร้างสรรค์) ก. เหรียญ A ข. เหรียญ B ค. เหรียญ C ง. ตกถึงพร้อมกัน	38. ดีดเหรียญจำนวน 3 เหรียญออกจากหน้าผาพร้อมกัน โดยให้แรง A มากที่สุด ตามด้วย B และ C ตามลำดับ เหรียญใดจะตกถึงพื้นก่อนกัน (วิเคราะห์) ก. เหรียญ A ข. เหรียญ B ค. เหรียญ C ง. ตกถึงพร้อมกัน
ข้อใดเป็นความถี่ (f)	45. ความถี่ (f) คือ (ความรู้ความจำ) ก. จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ข. เวลาที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ ค. ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งหน่วยเวลา ง. ระยะทางที่เปลี่ยนแปลงใน 1 หน่วยเวลา	45. ข้อใดเป็นความถี่ (f) (ความรู้ความจำ) ก. จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ข. เวลาที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ ค. ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งหน่วยเวลา ง. ระยะทางที่เปลี่ยนแปลงใน 1 หน่วยเวลา

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
เพิ่มเติมหน่วย	48. มอเตอร์ไซค์พร้อมคนขี่บนทางโค้งราบทามุม 37° ที่ มีรัศมี 20 เมตร ข้อใดคืออัตราเร็วสูงสุดที่คนขี่มอเตอร์ไซค์นี้ผ่านทางโค้งราบได้อย่างปลอดภัย เมื่อ R คือแรงลัพธ์ที่กระทากับแนวของมอเตอร์ไซค์กับคนขี่ (การประยุกต์ใช้) ก. 10.5 ข. 12.25 ค. 14.14 ง. 20.80	48. มอเตอร์ไซค์พร้อมคนขี่บนทางโค้งราบทำมุม 37° กับแนวดิ่ง ที่มีรัศมี 20 เมตร ข้อใดคืออัตราเร็วสูงสุดที่คนขี่มอเตอร์ไซค์นี้ผ่านทางโค้งราบได้อย่างปลอดภัย เมื่อ R คือแรงลัพธ์ที่กระทำกับแนวของมอเตอร์ไซค์กับคนขี่ (การประยุกต์ใช้) ก. 10.5 m/s ข. 12.25 m/s ค. 14.14 m/s ง. 20.80 m/s
เปลี่ยนโจทย์	เหวี่ยงวัตถุในแนวระนาบเมื่อเชือกขาดวัตถุจะพุ่งไปทิศทางใด (ประเมินค่า)  ก. A ข. B ค. C ง. D	31. รถคันหนึ่งวิ่งบนทางโค้งราบที่มีรัศมีความโค้งเป็น R ข้อใดคือแรงเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ของรถคันนี้ เมื่อรถคันนี้วิ่งผ่านทางโค้งได้อย่างปลอดภัย (ประเมินค่า) ก. แรงปฏิกิริยา ข. น้ำหนัก ค. แรงเสียดทานสถิต ง. แรงตึงเชือก
	79. เครื่องเล่นไวกิ้งเราจะใช้เครื่องมือใดเพื่อให้ทราบว่า เราเคลื่อนที่ไปสูงกี่องศา (คิดสร้างสรรค์) ก. ไม้บรรทัด ข. ตลับเมตร ค. เวอร์เนีย ง. ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม	79. ถ้านักเรียนเป็นวิศวะกรที่ต้องสร้างแบบจำลองเครื่องเล่นไวกิ้ง นักเรียนจะใช้อุปกรณ์ใดในการวัดองศาของไวกิ้ง (คิดสร้างสรรค์) ก. ไม้บรรทัด ข. ตลับเมตร ค. เวอร์เนีย ง. ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 21 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 ข้อ

ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.85	0.1	ไม่ผ่าน	-	21	0.13	-0.03	ไม่ผ่าน	-
2	0.98	0.03	ไม่ผ่าน	-	22	0.43	0.08	ไม่ผ่าน	-
3	0.73	0.18	ไม่ผ่าน	-	23	0.45	0.1	ไม่ผ่าน	-
4	0.63	0.23	ผ่าน	1	24	0.35	0.25	ผ่าน	8
5	0.93	0.08	ไม่ผ่าน	-	25	0.63	0.23	ผ่าน	9
6	0.5	0.25	ผ่าน	2	26	0.5	0.25	ผ่าน	10
7	0.08	-0.08	ไม่ผ่าน	-	27	0.65	0.3	ผ่าน	11
8	0.88	0.13	ไม่ผ่าน	-	28	0.83	0.13	ไม่ผ่าน	-
9	0.58	0.38	ผ่าน	3	29	0.5	0.25	ผ่าน	12
10	0.08	-0.03	ไม่ผ่าน	-	30	0.45	0.33	ผ่าน	13
11	0.65	0.35	ผ่าน	4	31	0.1	-0.05	ไม่ผ่าน	-
12	0.9	0.1	ไม่ผ่าน	-	32	0.58	0.43	ผ่าน	14
13	0.88	0.08	ไม่ผ่าน	-	33	0.38	0.23	ผ่าน	15
14	0.9	0.05	ไม่ผ่าน	-	34	0.43	0.28	ผ่าน	16
15	0.4	0.25	ผ่าน	5	35	0.43	0.43	ผ่าน	17
16	0.65	0.35	ผ่าน	6	36	0.65	0.35	ผ่าน	18
17	0.83	0.18	ไม่ผ่าน	-	37	0.23	0.08	ไม่ผ่าน	-
18	0.83	0.18	ไม่ผ่าน	-	38	0.33	0.23	ผ่าน	19
19	0.83	0.18	ไม่ผ่าน	-	39	0.83	0.13	ไม่ผ่าน	-
20	0.4	0.3	ผ่าน	7	40	0.6	0.3	ผ่าน	20

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
41	0.73	0.28	ผ่าน	-	61	0.58	0.23	ผ่าน	32
42	0.65	0.3	ผ่าน	21	62	0.65	0.2	ผ่าน	-
43	0.65	0.35	ผ่าน	22	63	0.4	0.1	ไม่ผ่าน	-
44	0.65	0.35	ผ่าน	23	64	0.48	0.38	ผ่าน	33
45	0.38	0.28	ไม่ผ่าน	24	65	0.63	0.28	ผ่าน	34
46	0.6	0.25	ผ่าน	25	66	0.55	0.35	ผ่าน	-
47	0.4	0.2	ผ่าน	26	67	0.65	0.25	ผ่าน	-
48	0.65	0.3	ผ่าน	27	68	0.63	0.38	ผ่าน	-
49	0.5	0.25	ผ่าน	-	69	0.65	0.25	ผ่าน	-
50	0.53	0.33	ผ่าน	-	70	0.6	0.3	ผ่าน	-
51	0.55	0.35	ผ่าน	-	71	0.65	0.25	ผ่าน	35
52	0.58	0.28	ผ่าน	-	72	0.65	0.35	ผ่าน	36
53	0.65	0.35	ผ่าน	28	73	0.6	0.35	ผ่าน	37
54	0.53	0.38	ผ่าน	-	74	0.6	0.25	ผ่าน	38
55	0.73	0.13	ไม่ผ่าน	-	75	0.55	0.3	ผ่าน	-
56	0.65	0.3	ผ่าน	29	76	0.55	0.35	ผ่าน	-
57	0.48	0.28	ผ่าน	30	77	0.58	0.28	ผ่าน	-
58	0.7	0.25	ผ่าน	-	78	0.43	0.18	ไม่ผ่าน	-
59	0.48	0.23	ผ่าน	31	79	0.53	0.28	ผ่าน	39
60	0.5	0.35	ผ่าน	-	80	0.6	0.25	ผ่าน	40

ตารางที่ 22 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.63	0.23	21	0.65	0.3
2	0.5	0.25	22	0.65	0.35
3	0.58	0.38	23	0.65	0.35
4	0.65	0.35	24	0.38	0.28
5	0.4	0.25	25	0.6	0.25
6	0.65	0.35	26	0.4	0.2
7	0.4	0.3	27	0.65	0.3
8	0.35	0.25	28	0.65	0.35
9	0.63	0.23	29	0.65	0.3
10	0.5	0.25	30	0.48	0.28
11	0.65	0.3	31	0.48	0.23
12	0.5	0.25	32	0.58	0.23
13	0.45	0.33	33	0.48	0.38
14	0.58	0.43	34	0.63	0.28
15	0.38	0.23	35	0.65	0.25
16	0.43	0.28	36	0.65	0.35
17	0.43	0.43	37	0.6	0.35
18	0.65	0.35	38	0.6	0.25
19	0.33	0.23	39	0.53	0.28
20	0.6	0.3	40	0.6	0.25

หมายเหตุ สรุปแบบวัดที่เลือกไปใช้จำนวน 40 ข้อ มีคุณภาพดังต่อไปนี้

1. ค่าความยากง่าย (P) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-0.65
2. ค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.43
3. ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดอิงเกณฑ์ของโลเวท (Lovett)

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

$$K = 40$$

$$\sum X_i = 951$$

$$\sum X_i^2 = 27915$$

$$\sum (X_i-C)^2 = 28561$$

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

$$r_{cc} = 1-\frac{40(951)-(27,915)}{(40-1)(28,561)}$$

$$r_{cc} = 1-\frac{38,040-27,915}{(39)(6,029)}$$

$$r_{cc} = 1-\frac{10,125}{235,131}$$

$$r_{cc} = 1-0.04$$

$$r_{cc} = 0.96$$

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของแบบตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

แบบวัดข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ 23 (ต่อ)

แบบวัดข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
21	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้

จากตารางที่ 23 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ไขปัญหา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.80

สรุปการปรับแก้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง

ตารางที่ 24 การปรับแก้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
ตรวจสอบคำผิดและแก้ไขโจทย์ให้เป็นรูปแบบเฉพาะเกี่ยวกับการเคลื่อนที่	งานบุญข้าวจี่ กลุ่มวัยรุ่นกว่า 30 คน ยกพวกตะลุมบอน ขว้างระเบิดปิงปองหน้าเวทีหมอลา งาน บุญข้าวจี่ ของดีโพธิ์ชัย ร้อยเอ็ด วัยรุ่นยกพวกตีกัน วานนี้ (5 ก.พ. 66) เวลา 23.00 น. ขณะที่หน่วยกู้ภัยอโสกโพธิ์ชัย จัดกาลัง อาสาสมัครพร้อมรถกู้ภัยรถพยาบาล เตรียมความพร้อมเฝ้าระวังเหตุ อานวยความสะดวกด้านการจราจร ภายในงานบุญข้าวจี่ ของดีโพธิ์ชัย บริเวณหน้าที่ว่าการอา เภอโพธิ์ชัย จ.ร้อยเอ็ด จู่ๆ ได้มีกลุ่มวัยรุ่นกว่า 30 คน ได้ก่อเหตุทะเลาะวิวาท ไล่ชกตีเตะต่อยและขว้างปาสิ่งของใส่กัน จนเกิดความวุ่นวาย ก่อนที่เจ้าหน้าที่ ตำรวจจะเข้าระงับเหตุ ตรวจสอบผู้ได้รับบาดเจ็บเป็นชาย 1 คน อายุประมาณ 30-40 ปี มีแผลแตกบริเวณใบหน้า ที่มา : https://shorturl.asia/ZjNL1	การฝึกขว้างลูกบอลของนักกีฬาเบสบอล(Pitcher) ต้องการขว้างบอลให้ได้ระยะทาง 18.40 เมตร เพื่อที่จะไปถึงคนตี (Batter) พอดี นักกีฬาเบสบอลควรขว้างลูกบอลอย่างไร

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
ตรวจสอบคำผิดและแก้ไขโจทย์ให้เป็นรูปแบบเฉพาะเกี่ยวกับการเคลื่อนที่	อุบัติเหตุรถแท็กซี่เสียหลักแหกโค้งชนขอบทาง บนถนนพระรามสี่ ทิศทางมุ่งหน้าตลาดคลองเตย แขวงและเขตคลองเตย กรุงเทพฯ เมื่อเวลา 00.30 น. วันที่ 22 พ.ค.2564 ตำรวจ สน.ทองหล่อ รับแจ้งอุบัติเหตุรถแท็กซี่เสียหลักแหกโค้งชนขอบทาง บนถนนพระรามสี่ ทิศทางมุ่งหน้าตลาดคลองเตย แขวงและเขตคลองเตย กรุงเทพฯ จึงไปตรวจสอบ ที่เกิดเหตุอยู่ช่วงทางโค้งบีเอ็ม พบรถแท็กซี่ ปีนขอบทางริมถนน หน้ารถพังยับ พบคนขับ ได้รับบาดเจ็บบริเวณหน้าอก เจ้าหน้าที่ช่วยเหลือเบื้องต้น ก่อนนำส่งโรงพยาบาลคามิลเลี่ยน จากเหตุการดังกล่าวทำให้ทราบว่าคนขับแท็กซี่ขับรถเร็วมากเกิดกำหนด ทำให้เสียหลักแหกโค้ง	เด็กและผู้ใหญ่รวม 4 คน รอดตายราวปาฏิหาริย์ หลังจากรถยนต์เทสลาที่ขับมาพุ่งตกลงไปในเหวลึกเกือบ 80 เมตร จนสภาพรถพังยับเยิน โดยที่รถพลิกคว่ำอยู่ในระดับความลึกถึง 76.20 เมตร ซึ่งสถานที่แห่งนี้เรียกว่า ทางลาดปีศาจ (Devil's Slide) เนื่องจากเป็นพื้นที่ลาดชันที่เต็มไปด้วยหน้าผาลึกและกระแสลมแรง เป็นถนนบนทางหลวงสายแปซิฟิค โคสต์ ทางตอนเหนือของรัฐแคลิฟอร์เนีย
แก้ไขเพื่อไม่ให้บ่งบอกถึงปัญหา	18. นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงทาให้สิงโตใกล้สูญพันธุ์ (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)	10. นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงทำให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้น (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 25 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารในการแก้ปัญหา จำนวน 10 สถานการณ์

สถานการณ์ที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	1	0.51	0.23	ผ่าน	1
	2	0.50	0.35	ผ่าน	2
	3	0.50	0.40	ผ่าน	3
	4	0.60	0.25	ผ่าน	4
2	5	0.56	0.28	ผ่าน	5
	6	0.53	0.25	ผ่าน	6
	7	0.50	0.20	ผ่าน	7
	8	0.58	0.40	ผ่าน	8
3	9	0.44	0.23	ผ่าน	-
	10	0.53	0.40	ผ่าน	-
	11	0.54	0.43	ผ่าน	-
	12	0.61	0.23	ผ่าน	-
4	13	0.60	0.30	ผ่าน	-
	14	0.48	0.40	ผ่าน	-
	15	0.61	0.08	ไม่ผ่าน	-
	16	0.53	0.15	ไม่ผ่าน	-
5	17	0.60	0.25	ผ่าน	9
	18	0.54	0.23	ผ่าน	10
	19	0.59	0.38	ผ่าน	11
	20	0.49	0.33	ผ่าน	12

ตารางที่ 25 (ต่อ)

สถานการณ์ที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
6	21	0.60	0.45	ผ่าน	13
	22	0.44	0.23	ผ่าน	14
	23	0.54	0.28	ผ่าน	15
	24	0.45	0.30	ผ่าน	16
7	25	0.51	0.08	ไม่ผ่าน	-
	26	0.53	0.10	ไม่ผ่าน	-
	27	0.45	0.25	ผ่าน	-
	28	0.48	0.30	ผ่าน	-
8	29	0.48	0.20	ผ่าน	17
	30	0.56	0.33	ผ่าน	18
	31	0.48	0.25	ผ่าน	19
	32	0.45	0.35	ผ่าน	20
9	33	0.45	0.45	ผ่าน	21
	34	0.51	0.28	ผ่าน	22
	35	0.49	0.43	ผ่าน	23
	36	0.48	0.65	ผ่าน	24
10	37	0.54	0.18	ไม่ผ่าน	-
	38	0.50	-0.05	ไม่ผ่าน	-
	39	0.54	0.18	ไม่ผ่าน	-
	40	0.44	0.43	ผ่าน	-

ตารางที่ 26 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดความสามารในการแก้ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง จำนวน 6 สถานการณ์

สถานการณ์ที่	ข้อที่	ค่า P	ค่า D	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	1	0.51	0.23	ผ่าน	1
	2	0.50	0.35	ผ่าน	2
	3	0.50	0.40	ผ่าน	3
	4	0.60	0.25	ผ่าน	4
2	5	0.56	0.28	ผ่าน	5
	6	0.53	0.25	ผ่าน	6
	7	0.50	0.20	ผ่าน	7
	8	0.58	0.40	ผ่าน	8
3	9	0.60	0.25	ผ่าน	9
	10	0.54	0.23	ผ่าน	10
	11	0.59	0.38	ผ่าน	11
	12	0.49	0.33	ผ่าน	12
4	13	0.60	0.45	ผ่าน	13
	14	0.44	0.23	ผ่าน	14
	15	0.54	0.28	ผ่าน	15
	16	0.45	0.30	ผ่าน	16
5	17	0.48	0.20	ผ่าน	17
	18	0.56	0.33	ผ่าน	18
	19	0.48	0.25	ผ่าน	19
	20	0.45	0.35	ผ่าน	20
6	21	0.45	0.45	ผ่าน	21
	21	0.51	0.28	ผ่าน	21
	23	0.49	0.43	ผ่าน	23
	24	0.48	0.65	ผ่าน	24

หมายเหตุ ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 6 สถานการณ์ มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ค่าความยากง่าย (P) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.60
2. ค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.65
3. ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารในการแก้ปัญหา เรื่องการเคลื่อนที่แนวโค้ง โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค

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

$$n = 24$$

$$\sum S_i^2 = 16.5397436$$

$$\sum S_t^2 = 84.7282051$$

$$\alpha = \frac{24}{24-1}(1-0.19520942)$$

$$\alpha = \frac{24}{24-1}(0.80479058)$$

$$\alpha = 0.83978148$$

$$\alpha \approx 0.84$$

ตารางที่ 27 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนรวมของนักเรียน					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	33.00	33.00	21	5.00	15.00
2	27.00	34.00	22	14.00	32.00
3	27.00	32.00	23	12.00	33.00
4	25.00	36.00	24	15.00	20.00
5	30.00	40.00	25	18.00	33.00
6	22.00	25.00	26	12.00	32.00
7	3.00	21.00	27	19.00	33.00
8	26.00	37.00	28	31.00	36.00
9	28.00	34.00	29	13.00	13.00
10	3.00	23.00	30	31.00	39.00
11	26.00	34.00	31	4.00	21.00
12	26.00	35.00	32	31.00	37.00
13	26.00	37.00	33	11.00	37.00
14	29.00	37.00	34	20.00	18.00
15	17.00	26.00	35	13.00	22.00
16	24.00	17.00	36	29.00	31.00
17	30.00	33.00	37	9.00	16.00
18	25.00	35.00	38	18.00	22.00
19	24.00	36.00	39	26.00	39.00
20	20.00	34.00	40	21.00	16.00
			$\bar{x}$	20.58	29.60
			s	8.59	7.97

ตารางที่ 27 (ต่อ)

คะแนนความรู้ความจำ					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	6	4	21	0	2
2	2	6	22	2	5
3	4	4	23	2	3
4	4	5	24	1	3
5	4	6	25	2	6
6	3	4	26	2	5
7	1	4	27	0	4
8	5	6	28	3	5
9	5	6	29	1	1
10	0	3	30	6	6
11	4	6	31	0	4
12	5	6	32	5	5
13	2	5	33	1	6
14	4	6	34	3	3
15	3	5	35	2	2
16	5	3	36	3	5
17	5	5	37	3	3
18	4	6	38	3	3
19	4	4	39	4	6
20	3	5	40	5	2
			รวม	121	178
			$\bar{x}$	3.03	4.45
			$\bar{x}_{ร้อยละ}$	50.42	74.17

ตารางที่ 27 (ต่อ)

คะแนนความเข้าใจ					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	4	5	21	1	1
2	4	4	22	3	4
3	4	6	23	1	5
4	4	5	24	5	2
5	5	6	25	4	4
6	5	4	26	3	5
7	0	3	27	3	6
8	6	5	28	5	6
9	4	4	29	1	3
10	0	3	30	4	6
11	5	4	31	1	4
12	3	5	32	4	6
13	5	6	33	3	6
14	3	6	34	4	1
15	1	3	35	0	2
16	4	1	36	5	6
17	6	5	37	1	3
18	3	5	38	2	4
19	3	5	39	5	6
20	5	6	40	3	1
			รวม	132	172
			$\bar{x}$	3.3	4.3
			$\bar{x}_{ร้อยละ}$	55.00	71.67

ตารางที่ 27 (ต่อ)

คะแนนการประยุกต์ใช้					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	9	11	21	2	6
2	8	11	22	4	9
3	9	10	23	5	9
4	7	11	24	4	7
5	11	12	25	7	9
6	7	7	26	3	11
7	1	7	27	8	11
8	6	11	28	11	11
9	8	10	29	3	5
10	1	8	30	10	12
11	9	10	31	0	6
12	8	10	32	9	11
13	7	12	33	3	10
14	10	10	34	6	7
15	7	7	35	2	9
16	6	5	36	9	9
17	7	7	37	1	4
18	6	10	38	6	8
19	6	12	39	9	11
20	5	10	40	8	8
			รวม	248	364
			$\bar{x}$	6.2	9.1
			$\bar{x}_{ร้อยละ}$	51.67	75.83

ตารางที่ 27 (ต่อ)

คะแนนวิเคราะห์					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	9	9	21	2	4
2	9	8	22	2	10
3	7	7	23	3	11
4	8	10	24	3	6
5	6	11	25	3	9
6	4	6	26	2	7
7	1	4	27	6	9
8	5	10	28	8	9
9	8	9	29	5	4
10	2	7	30	8	10
11	6	10	31	2	6
12	5	11	32	9	10
13	8	10	33	3	10
14	8	10	34	4	5
15	3	8	35	5	6
16	7	5	36	9	7
17	8	11	37	3	2
18	8	9	38	4	5
19	7	10	39	6	11
20	5	8	40	3	3
			รวม	214	317
			$\bar{x}$	5.35	7.93
			$\bar{x}_{ร้อยละ}$	48.64	72.05

ตารางที่ 27 (ต่อ)

คะแนนประเมินค่า					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	2	1	21	0	1
2	2	2	22	1	1
3	1	2	23	0	2
4	0	2	24	1	1
5	1	2	25	0	2
6	1	2	26	1	2
7	0	1	27	1	0
8	1	2	28	1	2
9	1	2	29	2	0
10	0	1	30	1	2
11	1	1	31	0	0
12	2	1	32	2	2
13	2	1	33	0	2
14	1	2	34	1	0
15	1	2	35	2	1
16	0	1	36	1	2
17	2	2	37	0	2
18	1	2	38	1	0
19	2	2	39	0	2
20	1	2	40	1	0
			รวม	38	57
			$\bar{x}$	0.95	1.43
			$\bar{x}_{ร้อยละ}$	47.50	71.25

ตารางที่ 27 (ต่อ)

คะแนนคิดสร้างสรรค์					
คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	3	3	21	0	1
2	2	3	22	2	3
3	2	3	23	1	3
4	2	3	24	1	1
5	3	3	25	2	3
6	2	2	26	1	2
7	0	1	27	1	3
8	3	3	28	3	3
9	2	3	29	1	0
10	0	1	30	2	3
11	1	3	31	1	1
12	3	2	32	2	3
13	2	3	33	1	3
14	3	3	34	2	2
15	2	1	35	2	2
16	2	2	36	2	2
17	2	3	37	1	2
18	3	3	38	2	2
19	2	3	39	2	3
20	1	3	40	1	2
			รวม	70	95
			$\bar{x}$	1.75	2.38
			$\bar{x}_{ร้อยละ}$	58.33	79.17

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 1

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pretest	20.58	40	8.59	1.36
	Posttest	29.60	40	7.97	1.26

Paired Sample Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Pretest & Posttest	40	.631	.000

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Pretest & Posttest	-9.03	7.13	1.13

Paired Samples Test

	Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Pretest & Posttest	-11.31	-6.74	-8.001	39	.000

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 2

One Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	29.60	40	7.97	1.26

One Samples Test

	Test Value = 40					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest	23.478	39	.000	29.60	27.05	32.15

ตารางที่ 30 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน (72 คะแนน)

คนที่	ขั้นตอนการแก้ปัญหา							
	การระบุปัญหา		การค้นหาและอธิบายสาเหตุ		การหาวิธีการแก้ปัญหา		การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	10	16	6	15	13	13	9	13
2	10	15	7	14	8	13	12	16
3	13	15	9	15	10	18	13	13
4	10	18	8	16	11	16	7	13
5	9	12	10	12	10	13	9	11
6	9	15	8	14	13	12	11	12
7	6	13	8	12	10	12	7	14
8	12	18	6	17	7	16	10	14
9	11	18	11	16	12	15	6	15
10	10	17	7	18	8	15	8	11
11	7	15	10	13	8	12	12	12
12	8	13	11	13	12	12	6	13
13	9	16	12	13	11	13	8	12
14	11	16	9	16	9	13	7	18
15	11	18	10	15	11	18	7	13
16	8	14	10	14	9	13	7	13
17	9	15	11	12	11	13	8	14
18	10	14	7	15	9	14	11	13
19	11	15	7	15	10	13	13	12
20	12	14	8	13	7	14	12	13

ตารางที่ 30 (ต่อ)

คนที่	ขั้นตอนการแก้ปัญหา							
	การระบุปัญหา		การค้นหาและอธิบายสาเหตุ		การหาวิธีการแก้ปัญหา		การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
21	6	14	6	13	6	13	6	13
22	12	14	8	11	9	13	13	12
23	13	14	13	13	10	13	8	13
24	8	13	8	12	6	13	9	12
25	8	16	8	13	7	13	13	11
26	12	16	13	14	12	13	11	12
27	13	15	13	14	12	14	9	13
28	10	17	10	18	12	14	8	13
29	9	14	7	13	10	13	7	13
30	8	16	11	13	13	13	12	13
31	10	13	10	12	8	13	7	11
32	10	15	9	13	7	12	10	12
33	10	15	10	14	9	14	12	13
34	9	13	8	12	8	12	7	12
35	6	13	10	13	10	12	9	12
36	10	18	11	16	8	13	10	11
37	6	13	6	12	7	11	6	10
38	13	12	9	13	9	11	6	11
39	11	16	12	15	10	15	11	16
40	9	13	10	13	8	12	9	12
$\bar{x}$	9.73	14.93	9.18	13.86	9.5	13.38	9.15	12.73
s	1.99	1.73	2.01	1.70	1.97	1.56	2.32	1.54

ตารางที่ 31 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน (72 คะแนน)

คนที่	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**	คนที่	**ก่อนเรียน**	**หลังเรียน**
1	38	56	21	24	53
2	37	55	22	42	50
3	45	64	23	44	53
4	36	63	24	31	50
5	38	50	25	36	53
6	41	52	26	48	55
7	31	49	27	47	56
8	35	65	28	40	62
9	40	63	29	33	53
10	33	65	30	44	55
11	37	51	31	35	49
12	37	50	32	36	52
13	40	55	33	41	56
14	36	57	34	32	49
15	39	69	35	35	50
16	34	54	36	39	58
17	39	53	37	25	46
18	37	57	38	37	47
19	41	56	39	44	62
20	39	53	40	36	50
			$\bar{x}$	37.56	54.90
			s	5.08	5.51

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 3

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Pretest	9.73	40	1.99	.314
	Posttest	14.93	40	1.73	.274
Pair 2	Pretest	9.18	40	2.01	.318
	Posttest	13.88	40	1.70	.268
Pair 3	Pretest	9.50	40	1.97	.312
	Posttest	13.38	40	1.56	.247
Pair 4	Pretest	9.15	40	2.32	.366
	Posttest	12.73	40	1.54	.243
Pair 5	Pretest	37.55	40	5.08	.803
	Posttest	54.90	40	5.51	.872

Paired Sample Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 Posttest & Pretest	40	.300	.060
Pair 2 Posttest & Pretest	40	-.069	.674
Pair 3 Posttest & Pretest	40	.145	.371
Pair 4 Posttest & Pretest	40	.041	.803
Pair 5 Posttest & Pretest	40	.330	.038

Paired Samples Test

	Paired Differences		
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 Posttest & Pretest	-5.20	2.21	.35
Pair 2 Posttest & Pretest	-4.70	2.72	.43
Pair 3 Posttest & Pretest	-3.88	2.33	.37
Pair 4 Posttest & Pretest	-3.58	2.73	.43
Pair 5 Pretest & Posttest	-17.35	6.14	.97

Paired Samples Test

	Paired Differences		t	df	Sig. (2-tailed)
	95% Confidence Interval of the Difference				
	Lower	Upper			
Pair 1 Pretest & Posttest	-5.91	-4.49	-14.884	39	.000
Pair 2 Pretest & Posttest	-5.57	-3.83	-10.931	39	.000
Pair 3 Pretest & Posttest	-4.62	-3.13	-10.502	39	.000
Pair 4 Pretest & Posttest	-4.45	-2.70	-8.295	39	.000
Pair 5 Pretest & Posttest	-19.31	-15.39	-17.867	39	.000

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 โดยวิเคราะห์ด้วยการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One sample t-test) เพื่อตรวจสอบสมมุติฐานข้อที่ 4

One Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest 1	14.93	40	1.73	.27
Posttest 2	13.88	40	1.70	.27
Posttest 3	13.38	40	1.56	.25
Posttest 4	12.73	40	1.54	.24
Posttest 5	54.90	40	5.51	.87

One Samples Test

	Test Value = 40					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Posttest 1	54.551	39	.000	14.93	14.37	15.48
Posttest 2	51.696	39	.000	13.88	13.33	14.42
Posttest 3	54.093	39	.000	13.38	12.87	13.88
Posttest 4	52.407	39	.000	12.73	12.23	13.21
Posttest 5	62.975	39	.000	54.90	53.14	56.66

ภาคผนวก ค

- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง หน่วยที่ 7 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 (ว31201) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 8 ชั่วโมง

ผู้วิจัย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา

ที่ปรึกษาหลัก อ.ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา

สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ คือแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกัน โดยการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และการเคลื่อนที่ในแนวระดับเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ทำให้เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งพาราโบลา ซึ่งความเร็วทั้ง 2 แนวการเคลื่อนที่จะมีอิสระต่อกัน แต่เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เท่ากัน

ผลการเรียนรู้

อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

1.2 นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับกับการกระจัดในแนวดิ่งและเวลาในการเคลื่อนที่

2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2.1 ทดลองและสังเคราะห์สรุปการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้

2.2 สร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.1 นักเรียนมีความตรงต่อเวลา

3.2 นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้

3.3 นักเรียนมีความรับผิดชอบ

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	แนวคิดที่ถูกต้อง
1. เมื่อไม่คิดแรงต้านของอากาศ วัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร่งทั้ง ในแนวดิ่งและแนวระดับ	1. เมื่อไม่คิดแรงต้านของอากาศ วัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์จะมีความเร่งในแนวดิ่งเท่ากับความเร่งโน้มถ่วงของโลก หรือ g แต่ไม่มีความเร่ง ในแนวระดับ เนื่องจากมีเฉพาะแรงโน้มถ่วง กระทำต่อวัตถุเท่านั้น
2. ความเร็วของวัตถุที่จุดสูงสุดของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง แบบโพรเจกไทล์มีค่าเป็นศูนย์	2. ความเร็วของวัตถุที่จุดสูงสุดของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีค่าไม่เป็นศูนย์ เฉพาะองค์ประกอบของความเร็วในแนวดิ่งเท่านั้นที่มีค่า เป็นศูนย์ส่วนองค์ประกอบของความเร็วในแนว ระดับมีค่าคงตัวตลอดการเคลื่อนที่

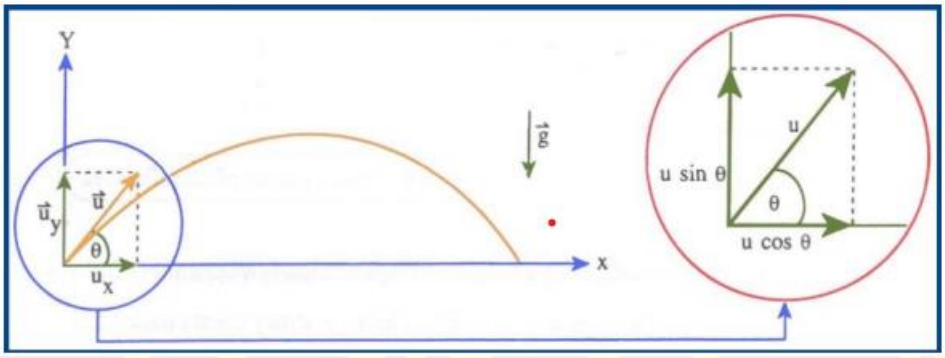
สมรรถนะของผู้เรียน

1. มีความสามารถในการแก้ปัญหา
2. มีความสามารถในการคิด
3. มีความสามารถในการสื่อสาร
4. มีความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

สาระการเรียนรู้

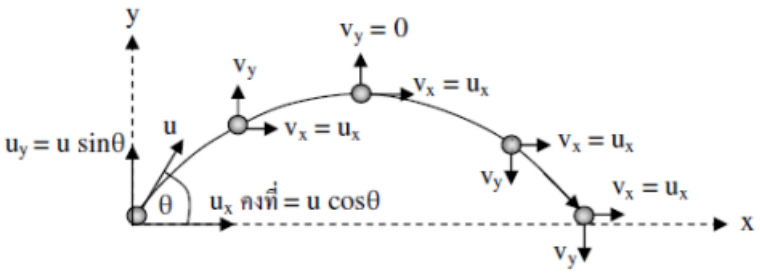
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Motion of a Projectile) คือการเคลื่อนที่ของวัตถุเป็นแนวโค้งในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่อย่างเสรีด้วยแรงโน้มถ่วงคงที่ เช่นวัตถุเคลื่อนที่ไปในอากาศภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ทางเดินของวัตถุจะเป็นรูปพาราโบลา



โพรเจกไทล์ (projectile) หมายถึง วัตถุที่ถูกขว้าง หรือยิงออกไป เช่นขว้างก้อนหินออกไปเส้นทาง การเคลื่อนที่จะมีวิถีโค้งแบบพาราโบลา โดยไม่คิดผลของแรงต้านอากาศ หรือการหมุนของวัตถุขณะเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ คือเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งพร้อมกัน โดยใน แนวดิ่งเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงดึงดูดของโลก ส่วนในแนวระดับเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ การเคลื่อนที่ แบบโพรเจกไทล์ สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

1. ขว้างวัตถุออกไปข้างหน้า ทำมุม θ กับแนวระดับ



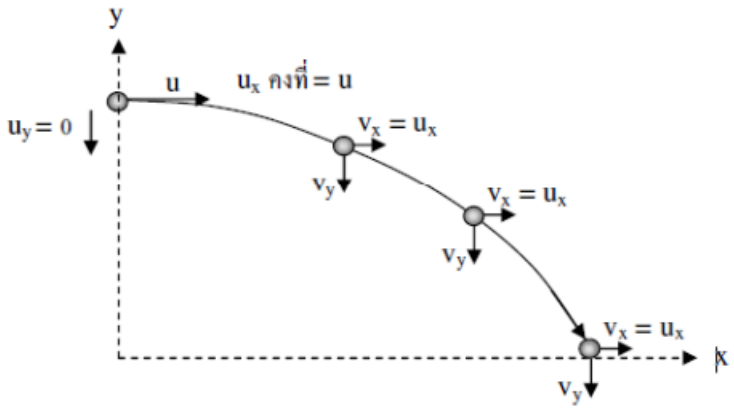
- วัตถุจะมีความเร็วในแนวระดับ และ แนวดิ่งพร้อมกัน

- แนวดิ่งคิดเหมือนโยนวัตถุขึ้นไปให้ตกลง อย่างอิสระใช้ 4 สูตร จากเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง (โดย a = g)

- แนวระดับวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ใช้สูตร $S_x = u_x t$

- ที่จุดสูงสุดความเร็วในแนวดิ่งเป็นศูนย์

2. ขว้างวัตถุจากที่สูงออกไป ขนานกับแนวระดับ



- วัตถุจะมีความเร็วในแนวระดับ และ แนวดิ่งพร้อมกัน
- แนวดิ่งคิดเหมือนปล่อยวัตถุให้ตกลง อย่างอิสระภายใต้ความเร่ง g
- แนวระดับวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว คงที่ใช้สูตร $S_x = u_x t$

สูตร $\Delta y = u_y t + \frac{1}{2} a_y t^2$

$v_y = u_y + a_y t$

$v_y^2 = u_y^2 + 2a_y \Delta y$

และ $\Delta y = (\frac{u_y + v_y}{2})t$

- แนวระดับ ความเร็วคงที่ ความเร่งเท่ากับศูนย์
- แนวดิ่งความเร็วไม่คงที่ ความเร่งคงที่เท่ากับ g
- แนวโค้งโพรเจกไทล์ความเร็วไม่คงที่ (คิดแนวระดับ + แนวดิ่ง)
- ทั้งในแนวระดับและแนวดิ่งใช้เวลาในการเคลื่อนที่เท่ากัน
- เมื่อพูดถึงอัตราเร็วหรือความเร็ว จะหมายถึงอัตราเร็วหรือความเร็วในแนวโค้งโพราเจกไทล์
- ที่จุดสูงสุด อัตราเร็วหรือความเร็วจะเท่ากับอัตราเร็วหรือความเร็วของแนวระดับ เพราะของแนวดิ่งเท่ากับศูนย์

การบูรณาการสะเต็มศึกษา

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1.การควบคุมการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2.การเขียนแผนและรูปแบบการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ 2. ใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อออกแบบสิ่งประดิษฐ์ 3.นำเสนอหลักการโดยใช้วีดีโออธิบายเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์	1.ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาสร้างสรรค์ เครื่องยิงเหรียญปรับมุม	1.คำนวณค่าของแรงและการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง 2.ทำการคำนวณขนาดที่เหมาะสมและออกแบบสิ่งประดิษฐ์

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา)

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
1 ระบุปัญหา (Problem Identification) (1 ชั่วโมง)	1.1 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อตกลง วิธีการเรียน ทักษะการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและบทบาทของครู 1.2 ครูแจ้งนักเรียนถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยก่อนเรียน 1.3 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยก่อนเรียน 1.4 ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถาม/สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (เช่นเหตุการณ์ที่เป็นข่าว เช่น การชู้ตบาส, การเตะบอล, การยิงของปืนใหญ่หรือเหตุการทหารบุกปล้นร้านทอง) จาก Power Point เรื่องโพรเจกไทล์ เพื่อที่จะให้นักเรียนค้นคว้าหาความสำคัญของปัญหาดังกล่าวนั้นมีผลอย่างไร 1.5 ครูแจกใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ สอบถามนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาและสาเหตุของปัญหาที่	- แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
	เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ไทม์ไลน์เหตุเรือหลวงสุโขทัยอับปาง โดยศึกษาจากสถานการณ์การแก้ปัญหา และทำการบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรม	
2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) (3 ชั่วโมง)	2.1 ครูให้นักเรียนจับกลุ่มแบ่งเป็นเด็ก เก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 5 คน 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่ม ทำการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เรื่อง โพรเจกไทล์ และรวบรวมสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดแล้วบันทึกความรู้ที่ได้ในใบกิจกรรม 2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุปัญหาและสาเหตุของสถานการณ์ตัวอย่างที่กำหนด แล้วทำการบันทึกลงในใบกิจกรรม 2.4 ครูแจกใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2.5 ครูอธิบายความรู้เพิ่มเติมในหัวข้อการคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของโพรเจกไทล์ โดยใช้ PowerPoint แล้วให้นักเรียนทำใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2.6 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่รวบรวมจากสิ่งที่เรียนรู้มา แล้วให้นักเรียนทำบอร์ด โดยเขียนสรุปประเด็นของปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดสถานการณ์ปัญหา แล้วสุ่มนักเรียนนำมาเสนอหน้าชั้นเรียน 2.7 นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้ ในรูปแบบการสร้างชิ้นงาน แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ประเด็นแนวทางแก้ปัญหา : เครื่องยิงเหรียญเรือรบ)	- ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (1 ชั่วโมง)	3.1 ก่อนที่นักเรียนจะทำการออกแบบเครื่องยิงเหรียญปรับมุม ครูจะทำการจัดเตรียมและอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องยิงเหรียญปรับมุม และนักเรียนสามารถเตรียมอุปกรณ์เพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ได้ 3.2 ครูแนะนำรูปหรือคลิปและตัวอย่างชิ้นงานโดยใช้ PowerPoint	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) (1 ชั่วโมง)	4.1 ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน ประกอบด้วย กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล เป็นต้น ซึ่งครูจะให้นักเรียนคำนึงถึงความเหมาะสม โดยมีเงื่อนไข คือ 1) เป็นวัสดุเหลือใช้ หรือหาได้ง่าย 2) ชิ้นงานปรับมุมและใช้งานได้ 3) ระหว่างการทดลองจะไม่มีชิ้นส่วนแตกหัก 4.2 นักเรียนออกแบบชิ้นงานโดยการวาดภาพต้นแบบสำหรับการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม 4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องยิงเหรียญปรับมุม ดำเนินการสร้างชิ้นงานที่จะใช้ในการแก้ปัญหาตามแผนที่กำหนดไว้ 4.4 ครูอำนวยความสะดวก และคอยให้คำแนะนำกับนักเรียน 4.5 นักเรียนตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงาน ก่อนนำไปทดลองและประเมินผลในขั้นต่อไป แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (1 ชั่วโมง)	5.1 นักเรียนทดสอบและประเมินเครื่องยิงเหรียญปรับมุมและปรับปรุงแก้ไขตามกติกา ดังนี้ 1) สามารถปรับมุมแล้วยิงไปยังจุดหมายได้แม่นยำ 2) ควบคุมระยะทางได้ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับต่อยอดความรู้ หรือการดำเนินการปรับปรุงต่อไป 5.2 นักเรียนทำการนำผลการประเมินที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องยิงเหรียญปรับมุมของกลุ่มตนเองอย่างเหมาะสม 5.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลว่ากิจกรรมในครั้งนี้ ได้ใช้ความรู้ต่าง ๆ ดังนี้ 1) ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เป็นการเคลื่อนที่เป็นแนววิถีโค้งภายใต้แรงเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งไปพร้อม ๆ กัน 2) ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ช่วยในออกแบบเทคโนโลยีโดยการวางแผนแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน โดยใช้ทักษะความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสม 3) ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ทำให้สามารถระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ 4) ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิธีการบวก ลบ คูณ หาร โดยเฉพาะการวัดและเลขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับมุมต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ทดสอบกับนวัตกรรมที่สร้างขึ้น 5.4 บันทึกลงในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (1 ชั่วโมง)	6.1 ครูเปิดโอกาสให้แต่ละกลุ่มแข่งขันกันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยิงเหรียญปรับมุมนักเรียนสร้างโดยจะมี กติกา ดังนี้ 1) สามารถปรับมุมแล้วยิงไปยังจุดหมายได้แม่นยำ 2) ควบคุมระยะทางได้ 6.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม เพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินงานจากนั้นให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน แล้วส่งใบกิจกรรมท้ายคาบ 6.3 มอบรางวัลแก่นักเรียนกลุ่มที่ชนะการแข่งขัน 6.4 นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน 6.5 นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- แบบทดสอบย่อยเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

อุปกรณ์ / สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องยิงเหรียญปรับมุม	
อุปกรณ์	**กลุ่มละ**
ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม	1 อัน
หนังยาง	10 เส้น
ฟิวเจอร์บอร์ด	1 แผ่น
ตะเกียบไม้	1 คู่
กรรไกร	1 อัน
กาว	1 แท่ง
กระดาษลัง	1 กล่อง
เหรียญ	1 เหรียญ

สื่อ

1. แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
2. ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
3. ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
4. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
5. แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์
6. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2
7. Power Point เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้ (K) - อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - นำหลักการของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไปคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับกับการกระจัดในแนวดิ่งและเวลาในการเคลื่อนที่	- ตรวจใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - ตรวจแบบทดสอบย่อย	- ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - แบบทดสอบย่อย	- นักเรียนมีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P) - ทดลองและสังเคราะห์สรุปการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้ - สามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้	- ตรวจใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - ตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ - แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	- นักเรียนมีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด
3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ - นักเรียนมีความ ตรงต่อเวลา - นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ - นักเรียนมีความรับผิดชอบ	- ตรวจจากแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนมีคะแนนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การให้คะแนนเครื่องยิงเหรียญปรับมุม

รายการประเมิน	คะแนน			
	1	2	3	4
กระบวนการออกแบบ	ไม่มีร่องรอยของการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ยังขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งและขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และมีการสืบค้นข้อมูลและเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้
ความสำเร็จของงาน	ไม่สามารถทำงานให้สำเร็จ	สามารถทำงานสำเร็จ แต่ไม่เป็นตามเงื่อนไขทั้งหมดและใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดโดยใช้เวลาตามที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จและเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดแต่ใช้เวลาตามที่กำหนด
ประสิทธิภาพของผลงาน	ไม่มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานแต่ยังไม่ได้ทำการทดสอบ	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานแต่วิธีการนั้นไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพได้	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน และสามารถทดสอบประสิทธิภาพได้เหมาะสม
การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	ไม่สามารถนำเสนอผลงานได้	สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ขาดความน่าสนใจหรือขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารได้ดีแต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจนและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง

รายการประเมิน	คะแนน			
	1	2	3	4
การวางแผนและการทำงานร่วมกัน	ลงมือปฏิบัติโดยไม่ร่วมมือกันในกลุ่ม	ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผนระดมความคิดและลงข้อสรุปของกลุ่ม	ไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกันแต่มีการ แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบมีการระดมความคิดและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมเพื่อการวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

บันทึกหลังจากการจัดการเรียนรู้

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ลงชื่อ …… ครูผู้วิจัย

……/……/…….

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่วงว่าง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
		4	3	2	1
1. มีวินัย	1. มีความรับผิดชอบในการทำงาน				
	2. ทำงานเสร็จและส่งตามเวลาที่กำหนด				
	3. เข้าเรียนตรงเวลา				
2. ใฝ่เรียนรู้	1. ตั้งใจเรียน				
	2. มีการซักถามเมื่อมีข้อสงสัย				
	3. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม				
3. มุ่งมั่นในการทำงาน	1. มีความอดทนและไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ				
	2. ทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ				
	3. มีความตั้งใจและพยายามทำงานที่ได้รับมอบหมาย				
รวม					

ลงชื่อ ..... ครูผู้วิจัย

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

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 4 คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างบ่อยครั้ง ให้ 3 คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10-12	ดีมาก
7-9	ดี
4-6	พอใช้
3	ปรับปรุง

บันทึกผลที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ปัญหา/อุปสรรค	วิธีแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ……ครูผู้วิจัย

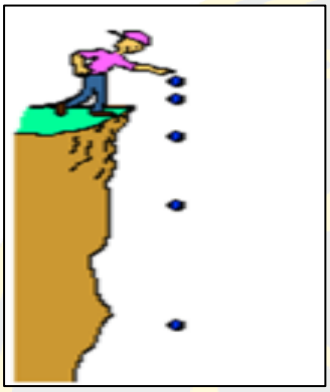
(……..……..……..……..)

วันที่ …….. เดือน……พ.ศ. …….

ใบงาน
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

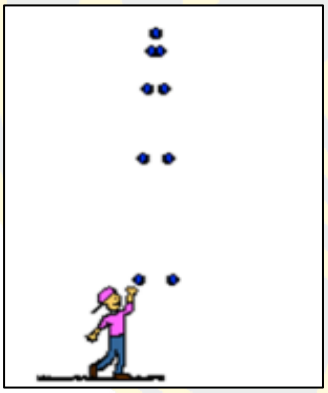
ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนวิเคราะห์รูปภาพแล้วตอบคำถามลงในใบกิจกรรมนี้



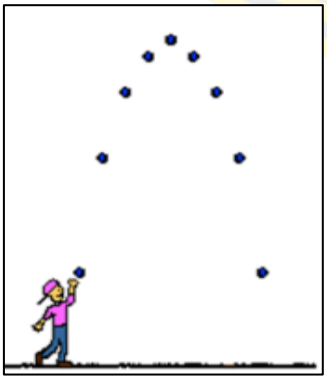
เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือไม่ เพราะ
.....
.....

ภาพที่ 1 คนปล่อยก้อนหินจากหน้าผา



เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือไม่ เพราะ
.....
.....

ภาพที่ 2 คนโยนก้อนหินขึ้นฟ้าแล้วตกมายังจุดเดิม



เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือไม่ เพราะ
.....
.....

ภาพที่ 3 คนโยนก้อนหินไปข้างหน้า

สรุป การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่ง เป็นอย่างไร

.....

.....

การคำนวณ

1. ดินสอของนักเรียนกลิ้งตกจากตึกราบที่สูง 5 เมตร ถ้าดินสอกระทบพื้นที่ตำแหน่งห่างจากโต๊ะในแนวระดับ 2 เมตร ความเร็วของดินสอขณะหลุดจากตึกมีความเร็วเท่าใด (กำหนดให้ค่า $g = 10\ m/s^2$)

โจทย์กำหนดให้ : .....

.....

วิธีทำ : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอบ : .....

.....

.....

.....

2. นายเอิร์ทเล่นฟุตบอลบนในสนามหญ้าของโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา เขาได้เตะลูกบอลขึ้นไปในอากาศด้วยความเร็วค่าหนึ่งที่ทำมุม 53 องศากับแนวระดับ ซึ่งลูกบอลลอยอยู่ในอากาศนาน 4 วินาที โดยไม่คิดแรงต้านอากาศถ้าลูกบอลลอยไปได้ไกล 60 เมตร ในแนวระดับ จงหาความเร็วต้นในการเตะลูกบอลและบอลลอยสูงสุดเท่าใด (กำหนดให้ค่า $g = 10\ m/s^2$)

โจทย์กำหนดให้ : .....

.....

วิธีทำ : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>ตอบ</u> : .....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วทำการตอบคำถามตาม 6 ขั้นตอน

สถานการณ์ปัญหา

ไทม์ไลน์เหตุเรือหลวงสุโขทัยอับปาง

18 ธ.ค.

น้ำทะเลเข้าท่อไอเสียเรือหลวงสุโขทัยเวลา 17.16 น. เป็นเหตุให้เครื่องยนต์/ระบบไฟฟ้าดับและเริ่มเอียง บนเรือมีกำลังพล 105 นายเรือหลวงกระบุรีเดินทางจากบางสะพานไปช่วยเรือหลวงสุโขทัยถึงจุดเกิดเหตุเวลา 20.40 น. พยายามเข้าช่วยแต่ไม่สำเร็จ
เรือหลวงสุโขทัยจมเวลา 23.30 น.

19 ธ.ค.

ช่วยเหลือกำลังพลได้ทั้งหมด 75 นาย สูญหายอีก 30 นาย ผบ.ทร. ยอมรับมีการนำกำลังพลจากหน่วยอื่นขึ้นเรือเพิ่มมาอีก 30 คน ทำให้เสื้อชูชีพบนเรือไม่เพียงพอ กำลังพล 1-2 นาย ให้สัมภาษณ์สื่อว่า กำลังพลบางส่วนไม่มีเสื้อชูชีพประจำตัว บางรายต้องเกาะคนที่มีชูชีพลอยคอ

20 ธ.ค.

ช่วยเหลือกำลังพลเพิ่มเติมได้อีก 1 นาย เวลา 14.15 น.
กองทัพเรือแถลงข่าวความคืบหน้าเหตุการณ์เรือหลวงสุโขทัยว่า ค้นพบผู้ประสบภัยแล้ว 81 นาย (รอดชีวิต 75 นาย เสียชีวิต 6 นาย) และยังคงสูญหายอีก 23 นาย (bbc, 2022)

หากนักเรียนเป็นวิศวกรตัวน้อย จากเหตุการณ์ดังกล่าว ที่มีเสื้อชูชีพให้สำหรับทหารทุกคนไม่เพียงพอนั้น ให้นักเรียนออกแบบเครื่องยิงเสื้อชูชีพจำลอง โดยให้ชื่อว่าเครื่องยิงเหรียญปรับมุมได้ โดยมี กติกาว่า เครื่องยิงเหรียญปรับมุมนั้นจะสามารถปรับมุมและยิงไปยังเป้าหมายได้จริง

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
2. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
3. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
4. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
5. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

1. นักเรียนแต่ละคน สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มตนเอง

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนในห้องเรียน ร่วมกันสรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1. ให้นักเรียนอธิบายสรุปองค์ความรู้ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน (STEM)

วิทยาศาสตร์ (SCIENCE)

.....

.....

.....

.....

.....

เทคโนโลยี (TECHNOLOGY)

.....

.....

.....

.....

.....

วิศวกรรมศาสตร์ (ENGINEERING)

.....

.....

.....

.....

.....

คณิตศาสตร์ (MATHAMATIC)

.....

.....

.....

.....

.....

---

2. นักเรียนเสนอแนวทางการสร้างชิ้นงานการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

.....

.....

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1. นักเรียนอธิบายชิ้นงานที่ต้องการสร้างเพื่อแก้ไขปัญหา

ชื่อชิ้นงาน .....

<u>ภาพร่างชิ้นงาน</u>

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องยิงเหรียญปรับมุม

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม เขียนขั้นตอนการสร้างเครื่องยิงเหรียญปรับมุม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมิน ผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. นักเรียนทำการสรุปหลังจากทำการทดสอบ และประเมินผล เครื่องยิงเหรียญปรับมุม

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนพบปัญหาจากการทดลอง แล้วนำมาใช้เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข เครื่องยิงเหรียญปรับมุม

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. วิธีการนำเสนอผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

.....

.....

.....

2. ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

.....

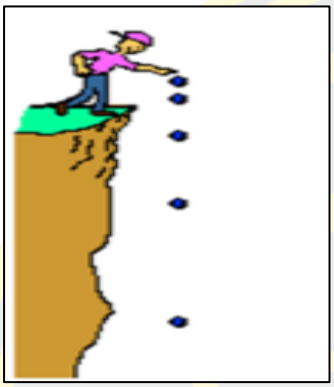
.....

.....

เฉลย ใบงาน
เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

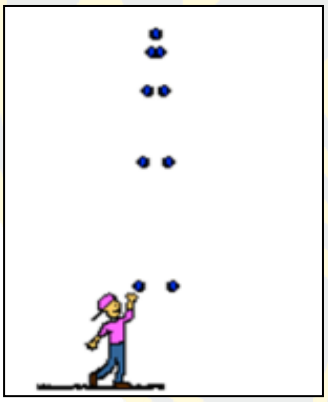
ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนวิเคราะห์รูปภาพแล้วตอบคำถามลงในใบกิจกรรมนี้



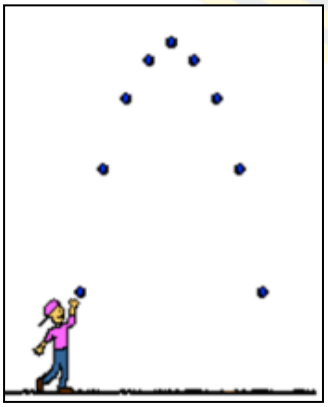
เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือไม่ เพราะ
ไม่เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เพราะ มีการเคลื่อนที่แนวดิ่งเท่านั้น

ภาพที่ 1 คนปล่อยก้อนหินจากหน้าผา



เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือไม่ เพราะ
ไม่เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เพราะ มีการเคลื่อนที่แนวดิ่งเท่านั้น

ภาพที่ 2 คนโยนก้อนหินขึ้นฟ้าแล้วตกมายังจุดเดิม



เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์หรือไม่ เพราะ
เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เพราะ มีการเคลื่อนที่แนวดิ่งและแนวราบในเวลาเดียวกัน

ภาพที่ 3 คนโยนก้อนหินไปข้างหน้า

สรุป การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีการเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่ง เป็นอย่างไร

การเคลื่อนที่เป็นแนววิถีโค้งภายใต้แรงเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งไปพร้อม ๆ กัน

การคำนวณ

1. ดินสอของนักเรียนกลิ้งตกจากตึกราบที่สูง 5 เมตร ถ้าดินสอกระทบพื้นที่ตำแหน่งห่างจากโต๊ะในแนวระดับ 2 เมตร ความเร็วของดินสอขณะหลุดจากตึกมีความเร็วเท่าใด (กำหนดให้ค่า $g = 10\ m/s^2$)

โจทย์กำหนดให้ : ... $S_x = 2$ m. , $S_y = 5$ m. , $g = 10\ m/s^2$ .....

.....

วิธีทำ : พิจารณาแนวดิ่ง : $S_y = ut + \frac{1}{2}(g)(t^2)$

$5 = 0 + \frac{1}{2}(10)(t^2)$

$t = 1$ s.

พิจารณาแนวราบ : $v_x = \frac{S_x}{t}$

$v_x = \frac{2}{1}$

$v_x = 2$ m/s

ตอบ : ความเร็วดินสอนขณะหลุดออกจากตึกมีความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที

2. นายเอิร์ทเล่นฟุตบอลบนในสนามหญ้าของโรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา เขาได้เตะลูกบอลขึ้นไปในอากาศด้วยความเร็วค่าหนึ่งที่ทำมุม 53 องศากับแนวระดับ ซึ่งลูกบอลลอยอยู่ในอากาศนาน 4 วินาที โดยไม่คิดแรงต้านอากาศถ้าลูกบอลลอยไปได้ไกล 60 เมตร ในแนวระดับ จงหาความเร็วต้นในการเตะลูกบอลและบอลลอยสูงสุดเท่าใด (กำหนดให้ค่า $g = 10\ m/s^2$)

โจทย์กำหนดให้ : ..... $\theta = 53°$, $t = 4$ s. , $S_x = 60$ m. , $g = 10\ m/s^2$.....

.....

วิธีทำ : พิจารณาแนวดิ่ง : $v_y = u_y + gt$

$0 = u_y + (-10)(2)$

$u_y = 20$ m/s

$u_y = u\sin 53°$

$u = 25$ m/s

$S_y = u_y t + \frac{1}{2}gt^2$

$S_y = (20)(2) + \frac{1}{2}(-10)(2)$

$S_y = 40 - 10$

$S_y = 30$ m.

ตอบ : ความเร็วต้นของลูกบอลเท่ากับ 25 เมตรต่อวินาที และบอลลอยได้สูง 30 เมตร

เฉลย ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น ให้นักเรียนตอบคำถามตามขั้นตอนต่อไปนี้

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
2. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
3. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
4. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
5. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

1. นักเรียนแต่ละคน สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากน้ำรั่วเข้าเครื่องยนต์ของเรือทำให้เรือจม ทำให้มีคนเสียชีวิตจำนวนมาก

สาเหตุของปัญหาคือ จำนวนเสื้อชูชีพบนเรือไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

.....

.....

.....

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มตนเอง

ปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากน้ำรั่วเข้าเครื่องยนต์ของเรือทำให้เรือจม ทำให้มีคนเสียชีวิตจำนวนมาก

สาเหตุของปัญหาคือ จำนวนเสื้อชูชีพบนเรือไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

.....

.....

.....

3. นักเรียนในห้องเรียน ร่วมกันสรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากน้ำรั่วเข้าเครื่องยนต์ของเรือทำให้เรือจม ทำให้มีคนเสียชีวิตจำนวนมาก

สาเหตุของปัญหาคือ จำนวนเสื้อชูชีพบนเรือไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

.....

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1. ให้นักเรียนอธิบายสรุปองค์ความรู้ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน (STEM)

วิทยาศาสตร์ (SCIENCE)

การเคลื่อนที่เป็นแนววิถีโค้งภายใต้แรงเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก เป็นการเคลื่อนที่ที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวดิ่งไปพร้อม ๆ กัน

สูตรการเคลื่อนที่ $s = u_y t + (1/2)gt^2$

$v_y = u_y + gt$

$v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$

$s_y = (v_y + u_y)t/2$

โดยที่

u_y คือ ความต้รปลายในแนวดิ่ง หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

v_y คือ ความเร็วปลายในแนวดิ่ง หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

s_y คือ การกระจัดในแนวดิ่ง หน่วยเป็น เมตร (m)

g คือ ความเร่งในแนวดิ่ง หน่อยเป็น เมตรต่อวินาที^{2} (m/s^2)

t คือ เวลา หน่วยเป็น วินาที (s)

เทคโนโลยี (TECHNOLOGY)

การออกแบบเทคโนโลยี โดยการวางแผนแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน โดยใช้ทักษะความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสม

วิศวกรรมศาสตร์ (ENGINEERING)

การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์

คณิตศาสตร์ (MATHAMATIC)

การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ เช่นวิธีการบวก ลบ คูณ หาร โดยเฉพาะการวัดและเลขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับมุมต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ทดสอบกับนวัตกรรมที่สร้างขึ้น

---

2. นักเรียนเสนอแนวทางการสร้างชิ้นงานการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

……สร้างเครื่องส่งเสื้อชูชีพจากระยะไกลจำลอง โดยตั้งชื่อว่า เครื่องยิงเหรียญปรับมุม……

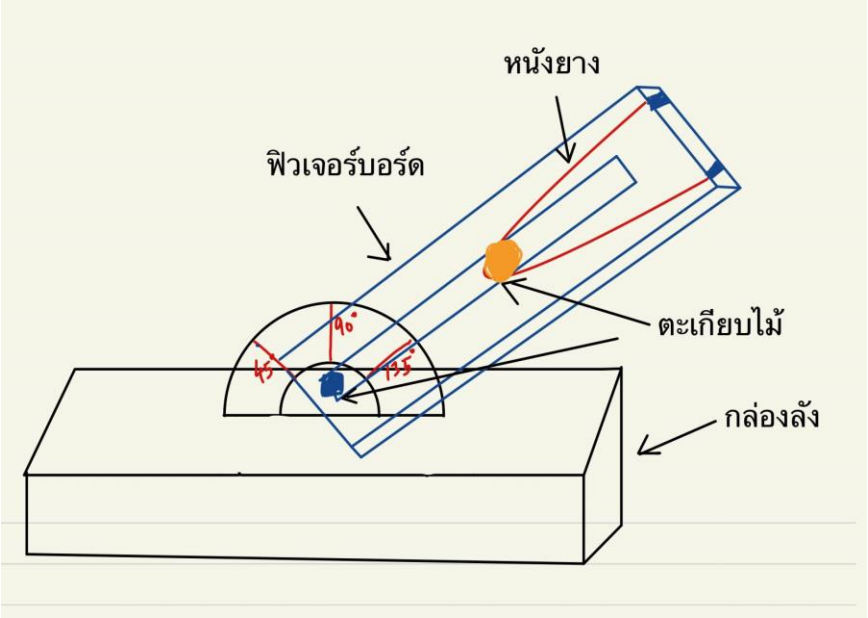
……

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1. นักเรียนอธิบายชิ้นงานที่ต้องการสร้างเพื่อแก้ไขปัญหา

ชื่อชิ้นงาน .....เครื่องยิงเหรียญปรับมุม.....

ภาพร่างชิ้นงาน



ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องยิงเหรียญปรับมุม

1) ฟิวเจอร์บอร์ด 2) คัตเตอร์ 3) ยาง 4) ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม

5) ตะเกียบ 6) กาว 7) กระดาษลัง

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม เขียนขั้นตอนการสร้างเครื่องยิงเหรียญปรับมุม

1) ทำการตัดฟิวเจอร์บอร์ดเพื่อสร้างรางไว้เป็นตัวใส่เหรียญไว้เพื่อดึงยางเป็นเครื่องยิง

2) นำตะเกียบมาติดกับยางเพื่อล็อคไว้เป็นตัวยิงที่แน่นขึ้น

3) สร้างแกนฐานโดยการติดไม้บรรทัดครึ่งวงกลม

4) เจาะรูที่ไม้บรรทัดครึ่งวงกลมแล้วนำตะเกียบใส่เข้าไปเพื่อทำเป็นแกนให้ราง

5) ทดลองขยับรางว่าสามารถปรับมุมได้ตามที่ต้องการ

6) ใส่เหรียญไปในเครื่องยิง

7) ทดสอบใช้งานเครื่องยิงเหรียญปรับมุม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. นักเรียนทำการสรุปหลังจากทำการทดสอบ และประเมินผล เครื่องยิงเหรียญปรับมุม

1) เครื่องยิงปรับมุมสามารถยิงทำมุมได้ดี แต่ไม่สามารถควบคุมแรงที่ถูกต้องได้

2. นักเรียนพบปัญหาจากการทดลอง แล้วนำมาใช้เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข เครื่องยิงเหรียญปรับมุม

1) เสริมความมั่นคงของฐานโดย การวัสดุที่ดียิ่งขึ้น

2) เสริมตำแหน่งควบคุมแรงการยิงของเครื่องยิงเหรียญให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. วิธีการนำเสนอผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

1) การออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

2) การนำเครื่องมือของแต่ละกลุ่มมาแข่งความแม่นยำของเครื่องมือ

2. ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

1) หากเกิดการยิงเบี้ยวอาจมาจากการสร้างชิ้นงานที่ไม่เท่ากันในแต่ละมุม

2) เครื่องยิงจะเพิ่มลดแรงได้ ตามแรงที่ใส่เข้าไป

ฯลฯ

<u>แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์</u>

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ก. การสเก็ตบอร์ด ข. การเตะฟุตบอล

ค. การว่ายน้ำ ง. การเล่นรถไฟเหาะ

2. การเคลื่อนที่ของลูกบาส เป็นการเคลื่อนที่แบบใด

ก. การเคลื่อนที่แนวตรง ข. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ค. การเคลื่อนที่แบบวงกลม ง. การเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา

3. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ค่าใดที่แนวระดับและแนวดิ่งมีค่าเท่ากัน

ก. เวลา ข. ความเร่ง ค. ความเร็ว ง. ผิดทุกข้อ

4. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ไม่ถูกต้อง

ก. ความเร่งในการเคลื่อนที่คงที่ตลอดการเคลื่อนที่

ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่คงที่ตลอดการเคลื่อนที่

ค. เวลาในการเคลื่อนที่แนวดิ่งและแนวราบมีค่าเท่ากัน

ง. เป็นการเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งไปพร้อมกัน

5.ลักษณะที่สำคัญของการเคลื่อนที่ในแนวโค้งแบบโพรเจคไทล์คืออะไร

ก. ความเร็วต้นในแนวดิ่งเป็นศูนย์ ข. ความเร็วในแนวราบมีค่าคงที่

ค. ความเร็วในแนวดิ่งมีค่าคงที่ ง. การกระจัดในแนวราบและในแนวดิ่งมีค่าเท่ากัน

6.ในการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ ปริมาณใดต่อนี้ที่คงที่ทั้งหมด

ก. ความเร็ว ความเร่ง แรง ข. ความเร่ง ความเร็วในแนวดิ่ง แรง

ค. ความเร็วในแนวดิ่ง ความเร็วในแนวราบ แรง ง. ความเร็วในแนวราบ ความเร่ง แรง

7.ข้อใดคือการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ก. การเดิน ข. การวิ่ง

ค. การขี่จักรยานผาดโผน ง. การดันวัตถุ

8.แรงที่กระทำต่อวัตถุ ภายหลังจากเริ่มเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือแรงในข้อใด

ก. แรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ ข. แรงเสียดทานจลน์

ค. แรงโน้มถ่วงของโลก ง. แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ

9. การขว้างก้อนหินด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต้องขว้างทำมุมเท่าใดจึงก้อนหินจะสามารถไปได้ไกลมากที่สุด

ก. มุม 30° ข. มุม 37° ค. มุม 45° ง. มุม 90°

10. ข้อใดกล่าวถูกต้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ก. แรงและความเร่งมีค่าคงตัวเสมอ ข. ณ ตำแหน่งสูงสุด วัตถุไม่มีความเร่ง

ค. วัตถุตกไกลสุดเมื่อมุมยิง 60 องศา ง. ณ ตำแหน่งสูงสุด ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์

เฉลยคำตอบ แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ข้อที่	เฉลย
1	ข
2	ข
3	ก
4	ข
5	ข
6	ง
7	ค
8	ค
9	ค
10	ก

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้นักเรียนใช้ตอบคำถามตามขั้นตอนที่ 1-4

สถานการณ์ที่ 1

หลังเกิดเหตุหญิงวัย 59 ปี พลัดตกลงน้ำที่ท่าเรือสะพานพระราม 7 ผู้พบเห็นคาดว่าหญิงที่ตกน้ำอยู่ห่างจากตน ในแนวระดับ 10 เมตร ที่ความสูง 5 เมตร ผู้พบเห็นโยนห่วงยางช่วยเหลือไปช่วยหญิงที่ตกน้ำได้อย่างพอดี ทำให้หญิงวัย 59 ปี รอดปลอดภัย

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (ขั้นระบุปัญหา)

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด (ขั้นค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

.....

.....

.....

3. จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนมีแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างไร (ขั้นวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ)

.....

.....

.....

4. เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว น่าจะเกิดผลอย่างไร (ขั้นพิสูจน์คำตอบ)

.....

.....

.....

<u>เฉลย</u> แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้นักเรียนใช้ตอบคำถามตามขั้นตอนที่ 1-4

สถานการณ์ที่ 1

หลังเกิดเหตุหญิงวัย 59 ปี พลัดตกลงน้ำที่ท่าเรือสะพานพระราม 7 เนื่องจากมีลมแรง ผู้พบเห็นคาดว่าหญิงที่ตกน้ำอยู่ห่างจากตน ในแนวระดับ 10 เมตร ที่ความสูง 5 เมตร ผู้พบเห็นโยนห่วงยางช่วยเหลือไปช่วยหญิงที่ตกน้ำได้อย่างพอดี ทำให้หญิงวัย 59 ปี รอดปลอดภัย

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (ขั้นระบุปัญหา)

หญิงวัย 59 ปี พลัดตกลงน้ำทำให้เกิดอันตรายขึ้น

2. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด (ขั้นค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

มีลมแรงในขณะนั้นทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้

3. จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนมีแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างไร (ขั้นวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ)

ควรมีเครื่องยิงห่วงยางที่แม่นยำ เพื่อที่จะช่วยเหลือผู้ที่ประสบภัยได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4. เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว น่าจะเกิดผลอย่างไร (ขั้นพิสูจน์คำตอบ)

ช่วยเหลือเบื้องต้นผู้ประสบภัยได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง หน่วยที่ 8 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 (ว31201) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 8 ชั่วโมง

ผู้วิจัย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา

ที่ปรึกษาหลัก อ.ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา

สาระสำคัญ

การเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีลักษณะเป็นแนวตรง หรือแนวโค้ง ขึ้นอยู่กับทิศของแรงที่มากระทำกับทิศของการเคลื่อนที่ โดยทิศของแรงอยู่ในแนวเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง ทิศของแรงทำมุมใดๆกับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลา วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง ส่วนการเคลื่อนที่แบบวงกลมนั้นแรงจะทำมุมตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลาการเคลื่อนที่ และแรงที่กระทำจะมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเรียกแรงนี้ว่าแรงสู่ศูนย์กลาง

ผลการเรียนรู้

ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้ (K)

1.1 อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่เกี่ยวข้องกับแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร่งสู่ศูนย์กลางและความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้นกับอัตราเร็วเชิงมุม

1.2 อธิบายและวิเคราะห์แรงลัพธ์ที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบวงกลม

1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของวงกลม อัตราเร็วและมวลของวัตถุ ซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลม

2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2.1 ทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเพื่อสังเคราะห์ความสัมพันธ์เกี่ยวกับคาบ แรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลม

2.2 คำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมและการเคลื่อนของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์บนถนนโค้ง

2.3 สร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายและวิเคราะห์การโคจรของดาวเทียม

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.1 นักเรียนมีความตรงต่อเวลา

3.2 นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้

3.3 นักเรียนมีความรับผิดชอบ

ความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น

ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	แนวคิดที่ถูกต้อง
1. ผูกเชือกที่วัตถุแล้วแกว่งให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมถ้าเชือกขาด วัตถุจะเคลื่อนที่ต่อไปตามเส้นโค้ง	1. ผูกเชือกเข้าวัตถุแล้วแกว่งให้เคลื่อนที่เป็นวงกลม ถ้าเชือกขาด วัตถุจะเคลื่อนที่ต่อไปในแนวสัมผัสกับเส้นโค้งของวงกลม ณ ตำแหน่งที่เชือกขาด
2. วัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเป็นการเคลื่อนที่แบบไม่มีความเร่ง	2. วัตถุที่เคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเป็นการเคลื่อนที่โดยมีความเร่งที่มีทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่
3. วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีแรงกระทำในทิศทางออกจากศูนย์กลาง	3. วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีแรงกระทำในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง

สมรรถนะของผู้เรียน

1. มีความสามารถในการแก้ปัญหา
2. มีความสามารถในการคิด
3. มีความสามารถในการสื่อสาร
4. มีความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

สาระการเรียนรู้

การเคลื่อนที่แบบวงกลม (circular motion) เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุในสองมิติที่มี เส้นทางการเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของวงกลม สำหรับการศึกษาในชั้นนี้เน้น**การศึกษาการเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ (uniform circular motion)** ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่มีอัตราเร็วคงตัวไม่มีแรงกระทำต่อวัตถุในแนวสัมผัสเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่มีแรงกระทำต่อวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลางหรือแรงในแนวตั้งฉากกับเส้นทางการเคลื่อนที่ เรียกว่า **แรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force)** คำนวณได้จาก
สมการ

$$F_C = \frac{Mv^2}{r}$$

การเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถอธิบายได้ด้วย**อัตราเร็วเชิงมุม (angular speed)** ซึ่งคือ มุมระนาบ ที่รัศมีกวาดไปได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ใช้สัญญลักษณ์ ω มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s) โดยอัตราเร็ว เชิงมุมมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้นตามสมการ

$$v = \omega r$$

จะได้ แรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุมตามสมการ

$$F_c = m\omega^2 r$$

การโคจรของดาวเทียมรอบโลกที่มีการเคลื่อนที่แบบวงกลมจะมีแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลของดาวเทียมกับโลกทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางทำให้ดาวเทียมยังโคจรอยู่ได้ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

ดาวเทียมบางชนิดโคจรไปทางเดียวกันกับโลกด้วยอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากันกับโลก และมีคาบการโคจรเท่ากับคาบการหมุนรอบตัวเองของโลก ดาวเทียมจึงอยู่ตรงกับตำแหน่งที่กำหนดไว้บนพื้นโลกตลอดเวลา

การบูรณาการสะเต็มศึกษา

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1.การควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม 2.การเขียนแผนและรูปแบบการเคลื่อนที่แบบวงกลม	1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ 2. ใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อออกแบบสิ่งประดิษฐ์ 3.นำเสนอหลักการโดยใช้วีดีโออธิบายเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์	1.ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาสร้างสรรค์ไวกิ้งจับเวลา	1.คำนวณค่าของแรงและการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง 2.ทำการคำนวณขนาดที่เหมาะสมและออกแบบสิ่งประดิษฐ์

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา)

ขั้นตอน	**กิจกรรมการเรียนรู้**	**ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน**
1 ระบุปัญหา (Problem Identification) (1 ชั่วโมง)	1.1 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อตกลง วิธีการเรียน ทักษะการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนและบทบาทของครู 1.2 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม 1.3 ครูแจกใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) (3 ชั่วโมง)	2.1 ครูให้นักเรียนจับกลุ่มแบ่งเป็นเด็ก เก่ง กลาง อ่อน กลุ่มละ 5 คน โดยจะไม่ใช่กลุ่มเดิมกับที่ได้เรียนรู้ในเรื่องก่อนหน้า 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม และรวบรวมสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดแล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม 2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุปัญหาและสาเหตุของสถานการณ์ตัวอย่างที่กำหนด แล้วทำการบันทึกลงในใบกิจกรรม 2.4 ครูแจกใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม 2.5 ครูอธิบายความรู้เพิ่มเติมในหัวข้อการคำนวณการเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้ PowerPoint แล้วให้นักเรียนทำใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม 2.6 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา โดยเขียนสรุปประเด็นของปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดสถานการณ์ปัญหา 2.7 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ในรูปแบบการสร้างชิ้นงาน แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม (ประเด็นแนวทางการแก้ปัญหา : สร้างไวกิ้งจับเวลา)	- ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (1 ชั่วโมง)	3.1 ก่อนที่นักเรียนจะทำการออกแบบสร้างชิงช้าจำลอง ครูจะทำการจัดเตรียมและอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน และนักเรียนสามารถเตรียมอุปกรณ์เพิ่มเติมนอกเหนือจากที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ได้ 3.2 ครูแนะนำรูปหรือคลิปตัวอย่างชิ้นงานโดยใช้ PowerPoint	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม
4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) (1 ชั่วโมง)	4.1 ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน ประกอบด้วย กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล เป็นต้น ซึ่งครูจะให้นักเรียนคำนึงถึงความเหมาะสม โดยมีเงื่อนไข คือ 1) เป็นวัสดุเหลือใช้ หรือหาได้ง่าย 2) ชิ้นงานใช้งานได้ 3) ระหว่างการทดลองจะไม่มีชิ้นส่วนแตกหัก 4.2 นักเรียนออกแบบชิ้นงานโดยการวาดภาพต้นแบบ สำหรับการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม 4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างไวกิ้งจับเวลา ดำเนินการสร้างชิ้นงานที่จะใช้ในการแก้ปัญหาตามแผนที่กำหนดไว้ 4.4 ครูอำนวยความสะดวก และคอยให้คำแนะนำกับนักเรียน 4.5 นักเรียนตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงานก่อนนำไปทดลองและประเมินผลในขั้นต่อไป แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (1 ชั่วโมง)	5.1 นักเรียนทดสอบและประเมินไวกิ้งจับเวลาและปรับปรุงแก้ไข โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับต่อยอดความรู้ หรือการดำเนินการปรับปรุงชิ้นงาน 5.2 นักเรียนทำการนำผลการประเมินที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานของกลุ่มตนเองอย่างเหมาะสม 5.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลว่ากิจกรรมในครั้งนี้ได้ใช้ความรู้ต่าง ๆ ดังนี้ 1) ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนที่แบบวงกลมนั้นแรงจะทำมุมตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลาการเคลื่อนที่ และแรงที่กระทำจะมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางเรียกแรงนี้ว่าแรงสู่ศูนย์กลาง 2) ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ช่วยในออกแบบเทคโนโลยี โดยการวางแผนแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน โดยใช้ทักษะความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสม 3) ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ทำให้สามารถระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มาสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ 4) ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิธีการบวก ลบ คูณ หาร โดยเฉพาะการวัดและเลขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับมุมต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ทดสอบกับนวัตกรรมที่สร้างขึ้น 5.4 บันทึกลงในใบกิจกรรม	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระชิ้นงาน/ชิ้นงาน
6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (1 ชั่วโมง)	6.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม เพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินงานจากนั้นให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน แล้วส่งใบกิจกรรมท้ายคาบ 6.2 นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม 6.3 นักเรียนทำ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

อุปกรณ์ / สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

ไวกิ้งจับเวลา	
อุปกรณ์	**กลุ่มละ**
ท่อ PVC	3 เมตร
เชือกว่าว	1 ม้วน
กล่องลัง	1 กล่อง
กาว	1 แท่ง
ใบเลื่อย	1 อัน
กรรไกร	1 อัน
นาฬิกาจับเวลา	1 อัน
ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม	1 อัน

สื่อ

1. แบบทดสอบย่อยเรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม
2. ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม
3. ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม
4. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม
5. แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์
6. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ 2
7. Power Point เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้ (K) - อธิบายหลักการของการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่เกี่ยวข้องกับแรงสู่ศูนย์กลาง ความเร่งสู่ศูนย์กลางและความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้นกับอัตราเร็วเชิงมุม - อธิบายและวิเคราะห์แรงลัพธ์ที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบวงกลม - แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของวงกลม อัตราเร็วและมวลของวัตถุ ซึ่งเคลื่อนที่ในแนววงกลม	- ตรวจใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - ตรวจแบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- นักเรียนมีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P) - ทดลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมเพื่อสังเคราะห์ความสัมพันธ์เกี่ยวกับคาบ แรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่แบบวงกลม - คำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมและการเคลื่อนของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์บนถนนโค้ง - สร้างสรรค์วิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายและวิเคราะห์การโคจรของดาวเทียม	- ตรวจใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - ตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม - แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม	- นักเรียนมีคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การประเมิน
3. คุณลักษณะอันพึ่งประสงค์ - นักเรียนมีความ ตรงต่อเวลา - นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ - นักเรียนมีความรับผิดชอบ	- ตรวจจากแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- นักเรียนมีคะแนนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

เกณฑ์การให้คะแนนไวกิ้งจับเวลา

รายการประเมิน	คะแนน			
	1	2	3	4
กระบวนการออกแบบ	ไม่มีร่องรอยของการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ยังขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งและขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และมีการสืบค้นข้อมูลและเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้
ความสำเร็จของงาน	ไม่สามารถทำงาน ให้สำเร็จ	สามารถทำงานสำเร็จ แต่ไม่เป็นตามเงื่อนไขทั้งหมดและใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดโดยใช้เวลาตามที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จและเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดโดยใช้เวลาตามที่กำหนด
ประสิทธิภาพของผลงาน	ไม่มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานแต่ยังไม่ได้ทำการทดสอบ	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานแต่วิธีการนั้นไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพได้	มีการออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน และสามารถทดสอบประสิทธิภาพได้เหมาะสม
การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	ไม่สามารถนำเสนอ ผลงานได้	สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ขาดความน่าสนใจหรือขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารได้ดีแต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจนและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง

รายการ	คะแนน

ประเมิน	1	2	3	4
การวางแผนและการทำงานร่วมกัน	ลงมือปฏิบัติโดยไม่ร่วมมือกันในกลุ่ม	ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผนระดมความคิดและลงข้อสรุปของกลุ่ม	ไม่มีการวางแผนการทำงานร่วมกันแต่มีการ แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบมีการระดมความคิดและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมเพื่อการวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน

บันทึกหลังจากการจัดการเรียนรู้

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ลงชื่อ …… ครูผู้วิจัย

……/……/…….

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่วงว่าง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
		4	3	2	1
1. มีวินัย	1. มีความรับผิดชอบในการทำงาน				
	2. ทำงานเสร็จและส่งตามเวลาที่กำหนด				
	3. เข้าเรียนตรงเวลา				
2. ใฝ่เรียนรู้	1. ตั้งใจเรียน				
	2. มีการซักถามเมื่อมีข้อสงสัย				
	3. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม				
3. มุ่งมั่นในการทำงาน	1. มีความอดทนและไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ				
	2. ทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ				
	3. มีความตั้งใจและพยายามทำงานที่ได้รับมอบหมาย				
รวม					

ลงชื่อ ..... ครูผู้วิจัย

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

เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 4 คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างบ่อยครั้ง ให้ 3 คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

ผู้ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	**ระดับคุณภาพ**
10-12	ดีมาก
7-9	ดี
4-6	พอใช้
3	ปรับปรุง

บันทึกผลที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ปัญหา/อุปสรรค	**วิธีแก้ไข/ข้อเสนอแนะ**

ลงชื่อ……ครูผู้วิจัย

(……..……..……..……..)

วันที่ …….. เดือน……พ.ศ. …….

ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง เติมข้อความหรือความหมายลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. การเคลื่อนที่แบบวงกลม คือ

……

……

2. คาบ (Period) “ T ” คือ

……

……

3. ความถี่ (Frequency) “ f ” คือ

……

……

4. แรงสู่ศูนย์กลาง ($\vec{F}_c$) คือ

……

……

5. จงบอกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมในชีวิตประจำวันมา 3 ตัวอย่าง

……

……

……

……

……

……

6. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้น (v) และอัตราเร็วเชิงมุม (ω) คาบ (T) และความถี่ (f)

……

……

……

……

……

……

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. เชือกเส้นหนึ่งยาว 2 เมตร ทนแรงดึงได้สูงสุด 200 นิวตัน เมื่อนามวล 4 กิโลกรัม มาผูกที่ปลายเชือกข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกข้างของเชือกตรึงไว้กับจุดบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทาน ถ้าทำให้มวลนี้เคลื่อนที่เป็นวงกลมบนพื้นราบนี้ จงหาความเร็วสูงสุดของวัตถุที่เชือกยังไม่ขาด

……

……

……

……

……

……

……

2. แผ่นเครื่องเสียงหมุนด้วยความถี่ 14 รอบ/วินาที จะมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่าไร

……

……

……

……

……

……

3. มวล 4 kg ผูกเชือกยาว 1 m นำมาแกว่งเป็นวงกลมด้วยความเร็วเชิงเส้น 15 m/s จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลางเท่าไร

……

……

……

……

……

……

……

ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วทำการตอบคำถามตาม 6 ขั้นตอน

สถานการณ์ปัญหา

ฮอตไม่เลิก "บิว" ภูริพล บุญสอน คว้าเหรียญทองวิ่ง 200 เมตรชาย ศึกกรีฑายุวชนชิงแชมป์เอเชีย 2022

การแข่งขันกรีฑายุวชนชิงแชมป์เอเชีย 2022 “Asian U18 Athletics Championships 2022” ระหว่างวันที่ 13-16 ต.ค. 65 ที่สนามไคฟาน กรุงดูเวตซิตี้ ประเทศคูเวต โดยเมื่อวันเสาร์ที่ 16 ต.ค. 65 ไฮไลต์อยู่ที่วิ่ง 200 เมตรชาย รอบชิงชนะเลิศ ไทยมีลุ้นจาก "บิว" ภูริพล บุญสอน ลมกรดหนุ่มวัย 16 ปี ที่เพิ่งคว้าเหรียญทองวิ่ง 100 เมตรชาย ไปก่อนหน้านี้

ผลปรากฏว่า ภูริพล บุญสอน วิ่งเข้าเส้นชัยเป็นคนแรก ทำสถิติได้ 21.53 วินาที คว้าเหรียญทองเหรียญที่ 2 ให้ตัวเองในรายการนี้ได้สำเร็จ (ไทยรัฐออนไลน์, 2565)

หากนักเรียนเป็นวิศวกรตัวน้อย จากเหตุการณ์ดังกล่าว นักแข่งได้ทำการวิ่งเป็นวงกลมครบรอบได้เวลาที่รวดเร็ว ให้นักเรียนนั้นออกแบบชิ้นงาน โดยให้ชื่อว่าไวกิ้งจับเวลา โดยมีกติกาว่า ต้องสร้างให้ได้ความยาว ตามที่แต่ละกลุ่มได้รับ สามารถปรับองศาในการดึงลูกตุ้มได้ดีและตกแต่งให้สวยงาม

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
2. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
3. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
4. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
5. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

1. นักเรียนแต่ละคน สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มตนเอง

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนในห้องเรียน ร่วมกันสรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1. ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนเสนอแนวทางการสร้างชิ้นงานการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1. ชิ้นงานที่ต้องการสร้างเพื่อแก้ไขปัญหา

ชื่อชิ้นงาน .....

ภาพร่างชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างไวกิ้งจับเวลา

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม เขียนขั้นตอนการสร้างไวกิ้งจับเวลา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมิน ผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. นักเรียนทำการสรุปหลังจากทำการทดสอบ และประเมินผล ไวกิ้งจับเวลา

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนพบปัญหาจากการทดลอง แล้วนำมาใช้เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข ไวกิ้งจับเวลา

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. วิธีการนำเสนอผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

.....

.....

.....

2. ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

.....

.....

.....

เฉลย ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

คำชี้แจง เติมข้อความหรือความหมายลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. การเคลื่อนที่แบบวงกลม คือ

เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หน่วยเป็น วินาที/รอบ

2. คาบ (Period) “ T ” คือ

เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หน่วยเป็น วินาที/รอบ

3. ความถี่ (Frequency) “ f ” คือ

จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ภายในเวลา 1 วินาที หน่วยเป็น รอบ/วินาที หรือเฮิร์ตซ์ (Hz)

4. แรงสู่ศูนย์กลาง ($\vec{F}_c$) คือ

เมื่อวัตถุมวล m เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีแรงกระทำต่อวัตถุซึ่งมีทิศเข้าหาศูนย์กลางของการเคลื่อนที่นั้นเสมอ

5. จงบอกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมในชีวิตประจำวันมา 3 ตัวอย่าง

1. การเลี้ยวโค้งของรถ
2. รถไฟเหาะ
3. กังหันลม

6. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเชิงเส้น (v) และอัตราเร็วเชิงมุม (ω) คาบ (T) และความถี่ (f)

จาก $\omega = \frac{\theta}{t}$

เมื่อมีการเคลื่อนที่ครบรอบ จะได้ $\theta = 2\pi$ และ $t = T$ เมื่อนำไปแทนค่า จะได้

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

หรือ $\omega = 2\pi f$

จะได้ $v = \frac{2\pi R}{T}$

หรือ $v = 2\pi Rf$

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด

1. เชือกเส้นหนึ่งยาว 2 เมตร ทนแรงดึงได้สูงสุด 200 นิวตัน เมื่อนามวล 4 กิโลกรัม มาผูกที่ปลายเชือกข้างหนึ่ง ส่วนปลายอีกข้างของเชือกตรึงไว้กับจุดบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทาน ถ้าให้มวลนี้เคลื่อนที่เป็นวงกลมบนพื้นราบนี้ จงหาความเร็วสูงสุดของวัตถุที่เชือกยังไม่ขาด

วิธีทำ T = 200 N, r = 2 m , m = 4 kg

จากสูตร $T = F_C$

$$T = \frac{mv^2}{r}$$

$$200 = \frac{4v^2}{2}$$

$$v^2 = \frac{200}{2}$$

V = 10 m/s

ตอบ ความเร็วสูงสุดของวัตถุที่เชือกยังไม่ขาดมีค่าเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที

2. แผ่นเครื่องเสียงหมุนด้วยความถี่ 14 รอบ/วินาที จะมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่าไร

วิธีทำ f = 14 รอบ/วินาที

จากสูตร $\omega = 2\pi f$

$\omega = 2 \times 3.14 \times 14$

$\omega = 77.92$ เรเดียน/วินาที

ตอบ มีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับ 77.92 เรเดียน/วินาที

3.มวล 4 kg ผูกเชือกยาว 1 m นำมาแกว่งเป็นวงกลมด้วยความเร็วเชิงเส้น 15 m/s จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลางเท่าไร

วิธีทำ m = 4 kg , r = 1 m , v = 15 m/s

จากสูตร $F_C = \frac{mv^2}{r}$

$$F_C = \frac{4\ x\ 15^2}{1}$$

$F_C = 1020$ N

ตอบ จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ 1020 นิวตัน

เฉลย ใบกิจกรรมการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการ STEM Education เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

สมาชิกกลุ่ม

1. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
2. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
3. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
4. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....
5. ชื่อ - สกุล ..... เลขที่ .....

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

1. นักเรียนแต่ละคน สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

จากข่าวที่เกิดขึ้นนั้น การวิ่งของนักแข่งเป็นการวิ่งแบบเส้นตรง ปัญหาคือหากต้องการสร้างเครื่องมือรูปแบบไวกิ้งต้องทำการเปรียบเทียบระยะทาง หรือการคำนวณคาบ

.....

.....

.....

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มตนเอง

จากข่าวที่เกิดขึ้นนั้น การวิ่งของนักแข่งเป็นการวิ่งแบบเส้นตรง ปัญหาคือหากต้องการสร้างเครื่องมือรูปแบบไวกิ้งต้องทำการเปรียบเทียบระยะทาง หรือการคำนวณคาบ

.....

.....

.....

3. นักเรียนในห้องเรียน ร่วมกันสรุปปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น

จากข่าวที่เกิดขึ้นนั้น การวิ่งของนักแข่งเป็นการวิ่งแบบเส้นตรง ปัญหาคือหากต้องการสร้างเครื่องมือรูปแบบไวกิ้งต้องทำการเปรียบเทียบระยะทาง หรือการคำนวณคาบ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1. ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนเสนอแนวทางการสร้างชิ้นงานการแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

สร้างเครื่องเล่นไวกิ้งจำลอง โดยตั้งชื่อว่า ไวกิ้งจับเวลา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

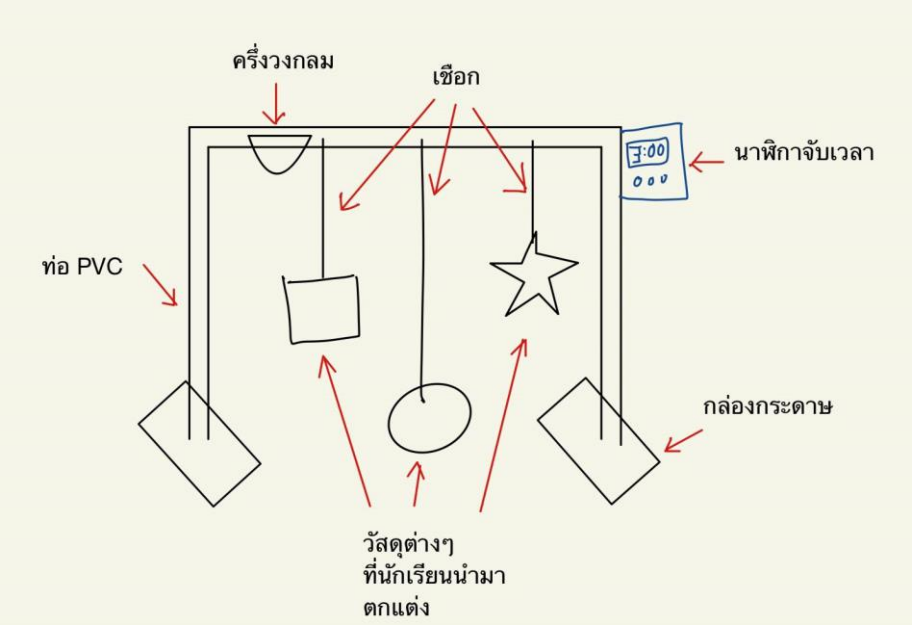
.....

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

1. ชิ้นงานที่ต้องการสร้างเพื่อแก้ไขปัญหา

ชื่อชิ้นงาน .....ไวกิ้งจับเวลา.....

ภาพร่างชิ้นงาน



ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างไวกิ้งจับเวลา

1) ฟิวเจอร์บอร์ด 2) คัตเตอร์ 3) ยาง 4) ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม

5) ตะเกียบ 6) กาว 7) กระดาษลัง 8) เชือกว่าว

9) นาฬิกาจับเวลา 10) ท่อ PVC

2. นักเรียนแต่ละกลุ่ม เขียนขั้นตอนการสร้างไวกิ้งจับเวลา

1) ทำการตัดกล่องกระดาษเพื่อมาทำฐานของไวกิ้งจับเวลา

2) นำท่อPVC มาต่อเป็นแกนและต่อกาวเพื่อให้แน่นขึ้น

3) ติดเชือกให้ความยาวของเชือกแตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย

4) ทำการตกแต่งตัวไวกิ้งให้สวยงาม

5) ติดไม้บรรทัดครึ่งวงกลมเพื่อใช้ในการปรับมุม

6) ติดตั้งเครื่องจับเวลา

7) ทดลองใช้งานไวกิ้งจับเวลา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมิน ผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. นักเรียนทำการสรุปหลังจากทำการทดสอบ และประเมินผล ไวกิ้งจับเวลา

1) ไวกิ้งจับเวลา สามารถทำการปรับมุมได้ และความยาวเชือกแต่ละอันที่ไม่เท่ากัน ทำให้ได้คาบที่แตกต่างกัน

.....

.....

.....

2. นักเรียนพบปัญหาจากการทดลอง แล้วนำมาใช้เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไข ไวกิ้งจับเวลา

1) เสริมความมั่นคงของฐานโดยการใช้วัสดุที่ดียิ่งขึ้น

2) เปลี่ยนตัวเชือกเป็นเชือกชนิดอื่นที่มีความเสียดทานน้อยกว่านี้

.....

.....

.....

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1. วิธีการนำเสนอผลงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

1) การออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

2) การนำเชือกที่มีระยะเท่ากัน มาเปรียบเทียบกันของแต่ละกลุ่ม ทำให้ทราบถึงความแม่นยำยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนกลุ่มต่าง ๆ

1) หากเปลี่ยนเชือกที่สั้นกว่าอาจจะทำให้เวลาเร็วขึ้น

2) ยิ่งเชือกยาวยิ่งใช้เวลานาน

ฯลฯ

<u>แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม</u>

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. การเคลื่อนที่ใดที่แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ตลอดเวลา

ก.การเคลื่อนที่ในแนวตรง

ข.การเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่

ค.การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์

ง.การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

2. การเคลื่อนที่แบบวงกลมครบ 4 รอบ จะกวาดมุมรอบจุดศูนย์กลางไปได้กี่เรเดียน

ก. 2π ข. 4π ค. 8π ง. 16π

3. แรงสู่ศูนย์กลางของรถยนต์ที่กำลังเลี้ยวโค้งบนถนนราบ ได้มาจากแรงใด

ก. แรงโน้มถ่วงของโลก ข. แรงปฏิกิริยาของพื้นถนน

ค. แรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ง. ถูกทุกข้อ

4. ข้อใดต่อไปนี้ คือ คาบของโลกที่หมุนรอบตัวเอง

ก. 1 วัน ข. 24 วัน ค. 30 วัน ง. 365 วัน

5. ผูกวัตถุด้วยเชือกแล้วเหวี่ยงให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระนาบดิ่ง ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งสูงสุดของวงกลม ดังแสดงในรูป แรงชนิดใดในข้อต่อไปนี้ที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง

ก. แรงดึงเชือก ข. น้ำหนักของวัตถุ

ค. แรงดึงเชือกบวกน้ำหนักวัตถุ ง. ที่ตำแหน่งนั้น แรงสู่ศูนย์กลางเป็นศูนย์

6. ข้อใดกล่าวผิดในการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุ

ก. เวลาครบ 1 รอบ คือ ความถี่ ข. เมื่อครบ 1 รอบ มุมเป็น 2 เรเดียน

ค. ทิศความเร็วคือเส้นสัมผัสเส้นโค้ง ง. เวลาครบ 1 รอบ คือ คาบ

7. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วตามเส้นรอบวงคงที่จะมีลักษณะอย่างไร

ก. ไม่มีความเร่ง

ข. มีความเร่งในทิศออกไปจากจุดศูนย์กลาง

ค. มีความเร่งในทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลาง

ง. มีความเร่งในแนวเส้นสัมผัสกับวงกลม

8. ถ้าดาวเทียมเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบโลกให้พิจารณาว่าในข้อต่อไปนี้ข้อใดบ้างที่เป็นจริง

1. ความเร่งของดาวเทียมมีค่าคงที่

2. ดาวเทียมมีความเร่งสู่โลกเสมอ

3. เวลาที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ครบรอบคงที่

ก. ข้อ1 เท่านั้น ข. ข้อ 2 เท่านั้น ค. ข้อ 3 เท่านั้น ง. ทั้ง 3 ข้อ เป็นจริง

9. เป็นส่วนกลับของความถี่

ก. แรงสู่ศูนย์กลาง ข. คาบ ค. อัตราเร็งเชิงมุม ง. เวลา

10. รถไต่ถังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอและวิ่งครบรอบได้ 5 รอบในเวลา 2 วินาที คาบของการเคลื่อนที่ เป็นเท่าใด

ก. 2.5 s ข. 1.5 s ค. 0.5 s ง. 0.4 s

เฉลยคำตอบ แบบทดสอบย่อย เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ข้อที่	เฉลย
1	ข
2	ค
3	ค
4	ก
5	ค
6	ก
7	ค
8	ง
9	ข
10	ง

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้นักเรียนใช้ตอบคำถามตามขั้นตอนที่ 1-4

สถานการณ์ที่ 1

นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลกุสุมาลย์ ส่งเจ้าหน้าที่เข้าตรวจสอบความแข็งแรงปลอดภัยของชิงช้าสวรรค์ ที่เกิดอาการโล้ไปมา ไม่หยุดหมุน สั่งให้หยุดดำเนินการแล้ว

คลิปภาพที่มีการเผยแพร่ในโซเชียล จะเห็นได้ว่า ตัวชิงช้าสวรรค์โล้ขึ้นลง ไม่หยุดนิ่ง ขณะที่มีคนนั่งในกระเช้า 2 ตัว และมีชายคนหนึ่งกำลังปีนอยู่ เพื่อพยายามจะหยุดชิงช้าสวรรค์ไม่ให้หมุนต่อ สร้างความหวาดเสียวให้กับผู้พบเห็น และมีเสียงร้องเป็นระยะ โดยมีการแชร์เหตุการณ์ดังกล่าวออกไปเป็นจำนวนมาก

หลังทราบข่าว นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลกุสุมาลย์ ได้ส่งเจ้าหน้าที่เข้าตรวจสอบ โดยชี้แจงว่า ชายที่เห็นปีนอยู่ คือ พนักงานที่ควบคุมดูแลเครื่อง ที่เข้าแก้ไข หลังจากชิงช้าสวรรค์หมุนไม่ยอมหยุด โดยพบว่า สาเหตุเกิดจากสลิงรูดลื่นจากที่ถูกน้ำฝน เมื่อพนักงานแก้ไข ทุกอย่างก็เข้าสู่ปกติ

ที่มา : https://shorturl.asia/ZPLrW

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (ขั้นระบุปัญหา)

……

……

2. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด (ขั้นค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

3. จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนมีแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างไร (ขั้นวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุ)

……

……

4. เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว น่าจะเกิดผลอย่างไร (ขั้นพิสูจน์คำตอบ)

……

……

เฉลย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้นักเรียนใช้ตอบคำถามตามขั้นตอนที่ 1-4

สถานการณ์ที่ 1

คลิปภาพที่มีการเผยแพร่ในโซเชียล จะเห็นได้ว่าชิช้าสวรรค์โล้ขึ้นลงไม่หยุดนิ่ง ขณะมีคนนั่งในกระเช้า 2 ตัว และมีชายคนหนึ่งกำลังปีนขึ้นไปเพื่อที่จะหยุดชิงช้าสวรรค์ไม่ให้หมุนต่อ สร้างความหวาดเสียวให้กับผู้ชมอย่างมาก

หลังทราบข่าวมีการตรวจสอบโดยเข้าพบ ชายที่ปีนชิ่งช้าสวรรค์ คือ พนักงานควบคุมดูแลเครื่อง โดยพบว่า สาเหตุเกิดจากสลิงรูดลื่นจากที่ถูกน้ำฝน เมื่อพนักงานแก้ไขโดยการเปลี่ยนสลิงรูดทุกอย่างก็เข้าสู่สภาพปกติ

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร

ชิงช้าสวรรค์โล้ไปมาไม่หยุด ทำให้ผู้พบเห็นเกิดการหวั่นกลัว

2. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด

เนื่องจากฝนตกทำให้สลิงรูดของเครื่องเล่นลื่น ส่งผลให้ชิงช้าสวรรค์หมุนไม่หยุด

3. จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนมีแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างไร

เปลี่ยนสลิงรูดเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างกระเช้ากับชิงช้าสวรรค์

4. เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว น่าจะเกิดผลอย่างไร

ชิงช้าสวรรค์หมุนเป็นปกติ

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง หน่วยที่ 7 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 (ว31201) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลาทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง

ผู้วิจัย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา

ที่ปรึกษาหลัก อ.ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ลักษณะที่สำคัญของการเคลื่อนที่ในแนวโค้งแบบโพรเจคไทล์คืออะไร (ความรู้ความจำ)

ก. ความเร็วต้นในแนวดิ่งเป็นศูนย์

ข. ความเร็วในแนวระดับมีค่าคงที่

ค. ความเร็วในแนวดิ่งมีค่าคงที่

ง. การกระจัดในแนวระดับและในแนวดิ่งมีค่าเท่ากัน

2. แรงที่กระทำต่อวัตถุ ภายหลังจากเริ่มเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ คือแรงในข้อใด (วิเคราะห์)

ก. แรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่

ข. แรงเสียดทานจลน์

ค. แรงโน้มถ่วงของโลก

ง. แรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3. วัตถุที่ตกแบบอิสระในแนวดิ่งกับวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จากที่ระดับความสูงเท่ากัน ข้อใดถูกต้อง (ความเข้าใจ)

ก. ความเร็วต้นของวัตถุ ทั้งสองกรณีเท่ากัน

ข. วัตถุที่ตกอย่างอิสระถึงพื้นก่อน

ค. วัตถุทั้งสองตกถึงพื้นในเวลาเดียวกัน

ง. ความเร่งของของวัตถุ ทั้งสองกรณีไม่เท่ากัน

4. ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศความเร่งในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีค่าเท่าใด (ความรู้ความจำ)

ก. 0 m/s^2 ข. 9.8 m/s^2

ค. เท่ากับความเร็วในแนวระดับ ง. เท่ากับความเร่งในแนวระดับ

5. ขว้างวัตถุด้วยความเร็วต้น 12.5 เมตรต่อวินาที ทำมุม 37° กับแนวระดับ วัตถุจะตกอยู่ในแนวระดับเดียวกับแนวขว้างในเวลากี่วินาที (การประยุกต์ใช้)

ก. 1.5 วินาที ข. 2.0 วินาที

ค. 3.0 วินาที ง. 4.0 วินาที

6. ขว้างวัตถุด้วยความเร็วต้น 10 m/s ทำมุม 37° กับแนวระดับ วัตถุจะอยู่ห่างจากจุดขว้างในแนวเดียวกัน ไกลสุดกี่เมตร (การประยุกต์ใช้)

ก. 6 เมตร ข. 9.6 เมตร

ค. 12 เมตร ง. 18 เมตร

7. ลูกบอลถูกขว้างออกจากหน้าต่างในแนวระดับด้วยความเร็วต้น 5 เมตรต่อวินาที ลูกบอลตกถึงพื้นดินในเวลา 2.0 วินาที ลูกบอลตกห่างจากจุดขว้างเท่าใด (การประยุกต์ใช้)

ก. 25 เมตร ข. 2.5 เมตร

ค. 10 เมตร ง. 1.0 เมตร

8. เมื่อปาวัตถุออกไปในแนวระดับจากที่สูง 80 เมตร ปรากฏว่า วัตถุตกห่างจากจุดปาในแนวระดับ 20 เมตร จงหาอัตราเร็วของวัตถุที่ถูกปาออกไป (การประยุกต์ใช้)

ก. 3 เมตรต่อวินาที ข. 5 เมตรต่อวินาที

ค. 8 เมตรต่อวินาที ง. 10 เมตรต่อวินาที

9. การขว้างก้อนหินด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ต้องขว้างทำมุมเท่าใดจึงก้อนหินจะสามารถไปได้ไกลมากที่สุดในแนวเดียวกันกับตำแหน่งที่ขว้าง (ความเข้าใจ)

ก. มุม 30° ข. มุม 37°

ค. มุม 45° ง. มุม 90°

10. วัตถุที่มีการเคลื่อนที่ขึ้นไปในอากาศทำมุม θ กับแนวระดับ จะมีแรงลัพธ์เท่าใด (วิเคราะห์)

1) แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์

2) แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์

3) แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ เฉพาะในแนวระดับ **ข้อความใดถูกต้อง**

ก. ข้อ 1 ,2และ3 ข. ข้อ 1 ,3

ค. ข้อ 2 ,3 ง. ข้อ 1,2

11. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ค่าใดที่แนวระดับและแนวดิ่งมีค่าเท่ากัน (ความเข้าใจ)

ก. เวลา ข. ความเร่ง

ค. ความเร็ว ง. ผิดทุกข้อ

12. ข้อใดกล่าวถูกต้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (ความเข้าใจ)

ก. ณ ตำแหน่งสูงสุด ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ข. ณ ตำแหน่งสูงสุด วัตถุไม่มีความเร่ง

ค. วัตถุตกไกลสุดเมื่อมุมยิง 60 องศา ง. แรงและความเร่งมีค่าคงตัวเสมอ

13. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1) ความเร็วในแนวระดับมีค่าคงที่

2) ความเร็วต้นในแนวดิ่ง มีค่าเป็นศูนย์

3) ความเร็วต้นในแนวระดับมีค่าคงที่ แต่ขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อโพรเจกไทล์

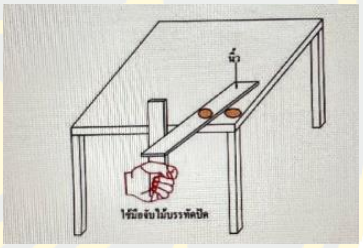
4) ความเร่งในแนวระดับเป็นศูนย์ แต่ความเร่งในแนวดิ่ง มีค่าคงที่ เท่ากับ g

ข้อใด เป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (วิเคราะห์)

ก. ข้อ 1. และ 2. ข. ข้อ 2. และ 3.

ค. ข้อ 3. และ 4. ง. ข้อ 1 ,3 และ 4

14. จากรูปการทดลองให้เหรียญA มีการเคลื่อนที่ในแนวระดับแล้วเหรียญB ตกอย่างอิสระ การตกของเหรียญจะเป็นอย่างไร (ความเข้าใจ)



ก. เหรียญ A ถึงพื้นก่อน

ข. เหรียญ B ถึงพื้นก่อน

ค. ทั้ง 2 เหรียญตกพร้อมกัน

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

15. ในการยิงวัตถุขึ้นไปบนฟ้า วัตถุขาขึ้นกับขาลงมีอัตราเร็วที่ระดับความสูงเท่ากันเพราะเหตุใด (วิเคราะห์)

ก. เวลาเท่ากัน ข. ระยะทางเท่ากัน

ค. แรงโน้มถ่วงเท่ากัน ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

16. หากยิงปืนจากหน้าผาทำมุมแตกต่างกัน มุม 45° จะยิงได้ไกลที่สุดใช่หรือไม่ (ประเมินค่า)

ก. ใช่ ข. ไม่ใช่

ค. เป็นได้ทั้ง 2 อย่าง ง. เป็นไปไม่ได้ทั้ง 2 อย่าง

17. โยนลูกบอล A ขึ้นฟ้าทำมุม 30° กับแนวระดับ และโยนลูกบอล B ขึ้นฟ้าทำมุม 45° กับแนวระดับ อยากทราบว่า ณ ตำแหน่งสูงสุดของบอลทั้งสอง จะมีความเร่งในแนวดิ่งเป็นอย่างไร (วิเคราะห์)

ก. บอล A มีความเร่งมากกว่าบอล B ข. บอล B มีความเร่งมากกว่าบอล A

ค. ความเร่งเท่ากัน ง. ไม่มีข้อใดถูก

18. ชายคนหนึ่งยืนบนยอดตึกขว้างลูกบอลออกไปด้วยความเร็ว 15 เมตร/วินาที ทำมุม 45° กับแนวระดับไปยังตึกที่สูงกว่าอยู่ห่างออกไป 45 เมตร อยากทราบว่าข้อใดถูกต้อง กำหนดให้ตึกสูง 50 เมตร (วิเคราะห์)

ก. ลูกบอลกระทบตึกที่จุด A

ข. ลูกบอลกระทบตึกสูงกว่าจุด A 45 เมตร

ค. ลูกบอลกระทบตึกต่ำกว่าจุด A 45 เมตร

ง. ลูกบอลตกถึงพื้นดินโดยไม่กระทบตึก

19. ดีดเหรียญจำนวน 3 เหรียญออกจากหน้าผาพร้อมกัน โดยให้แรง A มากที่สุด ตามด้วย B และ C ตามลำดับ เหรียญใดจะตกถึงพื้นก่อนกัน (วิเคราะห์)

ก. เหรียญ A ข. เหรียญ B

ค. เหรียญ C ง. ตกถึงพร้อมกัน

20. หากเราต้องการสร้างเครื่องยิงเหรียญ วัตถุชิ้นใดจะทำให้เราทราบได้ถึงมุมต่างๆ (คิดสร้างสรรค์)

ก. ท่อ PVC ข. ไม้บรรทัด

ค. กล่องลัง ง. ครึ่งวงกลม

21. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ (วิเคราะห์)

1) ความเร็วเชิงมุม มีค่าเท่ากับ การเปลี่ยนมุมในหนึ่งหน่วยเวลา

2) การเคลื่อนที่แบบวงกลม ด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นการเคลื่อนที่แบบความเร็วไม่คงที่

3) การเคลื่อนที่แบบวงกลม ด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นการเคลื่อนที่แบบไม่มีความเร่ง

ข้อที่ถูกต้องคือ

ก. ข้อ 1 และ 2 ข. ข้อ 1 และ 3

ค. ข้อ 2 และ 3 ง. ข้อ 1 , 2 และ 3

22. แรงสู่ศูนย์กลางของรถยนต์ที่กำลังเลี้ยวโค้งบนถนนราบ ได้มาจากแรงใด (ความรู้ความจำ)

ก. แรงโน้มถ่วงของโลก ข. แรงปฏิกิริยาของพื้นถนน

ค. แรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นถนน ง. ถูกทุกข้อ

23. การเคลื่อนที่แบบวงกลม หมายถึงข้อใด (ความเข้าใจ)

ก. การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิม โดยมีแอมพลิจูดคงตัว

ข. การเคลื่อนที่เป็นส่วนโค้งรอบจุด ๆ หนึ่ง โดยมีแรงกระทำในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง

ค. การเคลื่อนที่ 2 แนว พร้อมกัน คือ เคลื่อนที่ในแนวระนาบ และ แนวดิ่ง

ง. การเคลื่อนที่ในแนวเดิม (ทิศเดิม หรือ ทิศตรงข้าม)

24. ข้อใดเป็นความถี่ (f) (ความรู้ความจำ)

ก. จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

ข. เวลาที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบ

ค. ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งหน่วยเวลา

ง. ระยะทางที่เปลี่ยนแปลงใน 1 หน่วยเวลา

25. วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม จะเป็นอย่างไร (ความรู้ความจำ)

ก. ความเร็วคงที่ ข. อัตราเร็วคงที่

ค. จำนวนรอบไม่คงที่ ง. คาบไม่คงที่

26. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ (ความรู้ความจำ)

ก. เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ 1 รอบ เรียกว่า ความถี่

ข. ตัวแปรที่ที่บ่งบอกถึงจำนวนรอบต่อเวลา มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ ข้อใดถูกต้อง

ก. ข้อ ก และ ข ถูก ข. ข้อ ก ถูก และ ข้อ ข ผิด

ค. ข้อ ก ผิด และ ข้อ ข ถูก ง. ข้อ ก และ ข ผิด

27. มอเตอร์ไซค์พร้อมคนขี่บนทางโค้งราบทำมุม 37° กับแนวดิ่ง ที่มีรัศมี 20 เมตร ข้อใดคือ อัตราเร็วสูงสุดที่คนขี่มอเตอร์ไซค์นี้ผ่านทางโค้งราบได้อย่างปลอดภัย เมื่อ R คือแรงลัพธ์ที่กระทำกับแนวของมอเตอร์ไซค์กับคนขี่ (การประยุกต์ใช้)

ก. 10.5 m/s ข. 12.25 m/s

ค. 14.14 m/s ง. 20.80 m/s

28. วัตถุมวล 1 กิโลกรัม ผูกด้วยเชือกยาว 0.5 เมตร เหวี่ยงให้วัตถุนี้เคลื่อนที่เป็นวงกลมอยู่ในแนวระดับด้วย อัตราเร็วคงตัว เมื่อเชือกนี้ทนแรงตึงได้สูงสุด 18 นิวตัน วัตถุนี้จะมีอัตราเร็วสูงสุดกี่เมตรต่อวินาที (การประยุกต์ใช้)

ก. 2 m/s ข. 3 m/s ค. 5 m/s ง. 6 m/s

29. การเคลื่อนที่แบบวงกลมครบ 4 รอบ จะกวาดมุมรอบจุดศูนย์กลางไปได้กี่เรเดียน (วิเคราะห์)

ก. 2π ข. 4π ค. 8π ง. 16π

30. แผ่นเสียงหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม 78 รอบต่อนาที แมลงตัวหนึ่งตกลงบนแผ่นเสียงนี้ ณ ตำแหน่งห่าง จากศูนย์กลางแผ่นเสียง 9.8 ซม. แมลงก็ยังคงเกาะติดแผ่นเสียงได้ แต่ถ้าอยู่ไกลกว่านี้มันจะลื่นไถลได้ จงหา ส.ป.ส.ความเสียดทานระหว่างเท้าแมลงและแผ่นเสียง (การประยุกต์ใช้)

ก. 0.65 ข. 0.72 ค. 0.78 ง. 0.82

31. รถคันหนึ่งวิ่งบนทางโค้งราบที่มีรัศมีความโค้งเป็น R ข้อใดคือแรงเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ของรถคันนี้ เมื่อรถคันนี้วิ่งผ่านทางโค้งได้อย่างปลอดภัย (ประเมินค่า)

ก. แรงปฏิกิริยา ข. น้ำหนัก

ค. แรงเสียดทานสถิต ง. แรงตึงเชือก

32. วัตถุมวล 50 กรัม เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 10 เซนติเมตร ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ 2 เรเดียนต่อวินาที ความเร่งสู่ศูนย์กลางของวัตถุนี้ในหน่วยเซนติเมตรต่อวินาที^{2} มีค่าเท่าใด (การประยุกต์ใช้)

ก. 20 เซนติเมตรต่อวินาที^{2} ข. 40 เซนติเมตรต่อวินาที^{2}

ค. 1000 เซนติเมตรต่อวินาที^{2} ง. 2000 เซนติเมตรต่อวินาที^{2}

33. ชิงช้าสวรรค์หมุนด้วยอัตรา 12 รอบต่อนาที ถ้าจับเวลาที่ชิงช้าสวรรค์หมุนครบ 1 รอบ จะได้เวลากี่วินาที (การประยุกต์ใช้)

ก. 5 วินาที ข. 10 วินาที ค. 15 วินาที ง. 20 วินาที

34. เด็กขี่จักรยานด้วยอัตราเร็ว 6 m/s จะเลี้ยวด้วยรัศมีความโค้งน้อยที่สุดเท่าใด ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างยางและพื้นถนนเป็น 0.3 (การประยุกต์ใช้)

ก. 8 เมตร ข. 10 เมตร ค. 12 เมตร ง. 16 เมตร

35. ดาวเทียมดวงหนึ่งโคจรรอบโลกใช้เวลาประมาณ 8 วัน ส่วนดวงจันทร์โคจรรอบโลกใช้เวลาประมาณ 27 วัน ดวงจันทร์อยู่ห่างจากศูนย์กลางโลกเท่ากับ 60 เท่าของรัศมีโลก ถามว่า ดาวเทียมอยู่ห่างจาก ศูนย์กลางโลก เท่ากับกี่เท่าของรัศมีโลก (การประยุกต์ใช้)

ก. 17.8 เท่า ข. 26.7 เท่า

ค. 30 เท่า ง. 40 เท่า

36. ยานอวกาศมวล m ถามว่า ขณะที่อยู่ห่างจากผิวดวงจันทร์เป็น 2 เท่าของรัศมีดวงจันทร์ จะถูกดวงจันทร์ ดึงดูดด้วยแรงคิดเป็นกี่เท่าของน้ำหนักของยานอวกาศบนผิวโลก ถ้าน้ำหนักของมวลบนผิวดวงจันทร์ เป็นหนึ่งในหกของน้ำหนักที่ผิวโลก (วิเคราห์)

ก. 1/54 เท่า ข. 1/24 เท่า

ค. 1/18 เท่า ง. 1/12 เท่า

37. ดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลก และมีมวล $\frac{1}{10}$ ของมวลโลก ชายคนหนึ่งหนัก 600 นิวตันบนผิวโลก เขาจะหนักเท่าใด เมื่อขึ้นไปอยู่บนดาวเคราะห์ดวงนั้น (การประยุกต์ใช้)

ก. 320 N ข. 280 N

ค. 240 N ง. 200 N

38. ถ้ามวลดวงจันทร์เป็น 1/80 ของโลก และรัศมีเป็น 1/4 ของรัศมีโลกให้มวลของโลกเป็น M และรัศมีของ โลกเป็น R, G เป็นค่านิจโน้มถ่วงสากล วัตถุที่ตกอิสระบนดวงจันทร์จะมีความเร่งเท่าใด (g คือความเร่งที่ ผิวโลก) (วิเคราห์)

ก. $\frac{g}{4}$ ข. $\frac{g}{5}$

ค. $\frac{g}{6}$ ง. $\frac{g}{20}$

39. ถ้านักเรียนเป็นวิศวะกรที่ต้องสร้างแบบจำลองเครื่องเล่นไวกิ้งนักเรียนจะใช้อุปกรณ์ใดในการวัดองศาของไวกิ้ง (คิดสร้างสรรค์)

ก. ไม้บรรทัด ข. ตลับเมตร

ค. เวอร์เนีย ง. ไม้บรรทัดครึ่งวงกลม

40. หากเราต้องการสร้างเครื่องเล่นไวกิ้ง แล้วต้องการให้คาบแต่ละครั้งนานที่สุด จะต้องเพิ่มส่วนใด (คิดสร้างสรรค์)

ก. ความสูงของเครื่องเล่น ข. ความใหญ่ของเครื่องเล่น

ค. ความกว้างของเครื่องเล่น ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา วิชาฟิสิกส์

เรื่อง การเคลื่อนที่แนวโค้ง หน่วยที่ 7 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

รายวิชา ฟิสิกส์ 1 (ว31201) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลาทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง

ผู้วิจัย นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ โรงเรียนดาราสมุทรศรีราชา

ที่ปรึกษาหลัก อ.ดร.ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา

ชื่อ –สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง จากสถานการณ์ต่อไปนี้ให้นักเรียนใช้ตอบคำถามตามขั้นตอนที่ 1-4

สถานการณ์ที่ **1**

การฝึกขว้างลูกบอลของนักกีฬาเบสบอล (Pitcher) ต้องการขว้างบอลให้ได้ระยะทาง 18.40 เมตร เพื่อที่จะไปถึงคนตี (Batter) พอดี นักกีฬาเบสบอลควรขว้างลูกบอลอย่างไร

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (การระบุปัญหา)

……

……

……

2. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

……

3. นักเรียนคิดว่าวิธีการใดจะแก้ปัญหานี้ได้ดีที่สุด (การหาวิธีการแก้ปัญหา)

……

……

……

4. จากวิธีการแก้ปัญหาข้อที่ 3 นักเรียนคิดว่าผลจะเป็นอย่างไร (การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา)

……

……

……

สถานการณ์ที่ **2**

เด็กและผู้ใหญ่รวม 4 คน รอดตายราวปาฏิหาริย์ หลังจากรถยนต์เทสลาที่ขับมาพุ่งตกลงไปในเหวลึกเกือบ 80 เมตร จนสภาพรถพังยับเยิน โดยที่รถพลิกคว่ำอยู่ในระดับความลึกถึง 76.20 เมตร ซึ่งสถานที่แห่งนี้เรียกว่า ทางลาดปีศาจ (Devil's Slide) เนื่องจากเป็นพื้นที่ลาดชันที่เต็มไปด้วยหน้าผาลึกและกระแสลมแรง เป็นถนนบนทางหลวงสายแปซิฟิค โคสต์ ทางตอนเหนือของรัฐแคลิฟอร์เนีย

5. ข้อใดเป็นปัญหาของสถานการณ์นี้ (การระบุปัญหา)

……

……

……

6. จากปัญหาข้อที่ 5 นักเรียนคิดว่าปัญหาดังกล่าวเกิดจากสาเหตุใด (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

……

7. นักเรียนคิดว่าวิธีการใดจะแก้ปัญหานี้ได้ดีที่สุด (การหาวิธีการแก้ปัญหา)

……

……

……

8. จากวิธีการแก้ปัญหาข้อที่ 7 นักเรียนคิดว่าผลจะเป็นอย่างไร (การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา)

……

……

……

<u>สถานการณ์ที่ **3**</u>

“มาไซ โอลิมปิก” คือการแข่งขันกีฬาทุกๆสองปี เริ่มมาตั้งแต่ปี 2555 เพื่อดึงชนเผ่ามาไซในเคนยาละทิ้งพิธีกรรมโบราณ อันปฏิบัติกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ตามความเชื่อที่ว่าเด็กชายมาไซทุกคนเกิดมาเพื่อเป็นนักรบ ต้องล่าสิงโต เมื่อถึงเวลาก้าวสู่วัยเป็นนักรบโมแรนอย่างเต็มตัว

เด็กหนุ่มชาวมาไซยังคงได้จับหอกพุ่งเพื่อพิสูจน์ความพร้อมเป็นนักรบ เพียงแต่ไม่ได้พุ่งหอกใส่สิงโตอีกแล้ว พวกเขาแข่งกันว่าใครจะขว้างหอกออกไปได้ไกลกว่ากัน

จากการฝึกขว้างหอกไกลเพื่อที่จะไปแข่งขัน นาย A ขว้างหอกโดยทำมุม 30° ได้ระยะทาง 11.5 เมตร หากต้องการให้หอกไปได้ไกลยิ่งควรจะทำอย่างไร

9. ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าว คืออะไร (การระบุปัญหา)

……

……

……

10. นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงทำให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้น (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

……

11. นักเรียนคิดว่าวิธีการใดจะแก้ปัญหานี้ได้ดีที่สุด (การหาวิธีการแก้ปัญหา)

……

……

……

12. เมื่อนักเรียนได้ทำการแก้ปัญหาตามวิธีข้อที่19 น่าจะเกิดผลอย่างไร (การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา)

……

……

……

<u>สถานการณ์ที่ **4**</u>

เว็บไซต์ข่าวจีน รายงานว่ามีเหตุการณ์เสียชีวิตคาที่หลังพลัดตกลงมาจากเครื่องเล่นแกว่งไว “เรือไวกิ้ง” ในสวนสนุกงานวัดที่จัดขึ้นทางตอนเหนือของจีน ทั้งนี้ จากคำให้การของพยานเล่าว่าเครื่องเล่น “เรือไวกิ้ง” แกว่งเร็วมากกว่าปกติ

13. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (การระบุปัญหา)

……

……

……

14. นักเรียนคิดว่าเหตุใดจึงเกิดสถานการณ์นี้ขึ้น (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

……

15. นักเรียนคิดว่าวิธีการใดจะแก้ปัญหานี้ได้ดีที่สุด (การหาวิธีการแก้ปัญหา)

……

……

……

16. เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว น่าจะเกิดผลอย่างไร (การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา)

……

……

……

<u>สถานการณ์ที่ **5**</u>

นักแข่งรถวิบาก ต้องทำการฝึกแข่งวิ่งด้วยความเร็วสูงในสนามที่เป็นดินโคลนซึ่งเกิดการพลิกคว่ำเนื่องจากฝนตกในระหว่างฝึกซ้อม นักแข่งรถวิบากจะสามารถป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าวได้อย่างไรบ้าง จงตอบคำถามข้อที่ 17-20

17. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (การระบุปัญหา)

……

……

……

18. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

……

19. นักเรียนคิดว่าวิธีการใดจะแก้ปัญหานี้ได้ดีที่สุด (การหาวิธีการแก้ปัญหา)

……

……

……

20. ให้นักเรียนอธิบายว่าผลที่เกิดขึ้นจากวิธีแก้ปัญหาตามข้อที่ 31 (การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา)

……

……

……

<u>สถานการณ์ที่ **6**</u>

หนุ่มเบญจเพสขี่รถ จยย.ชนราวสะพาน ทำให้ร่างกระเด็นตกสะพานที่มีความสูงประมาณ 5 เมตร ลงไปกระแทกกับพื้นถนนจนเสียชีวิต

จากการตรวจสอบกล้องหน้ารถยนต์ที่บันทึกเหตุการณ์เอาไว้ได้พบว่า ผู้ตายขี่รถมาด้วยความเร็วพอสมควร พอถึงที่เกิดเหตุจู่ๆ ก็ขี่รถไปชนกับราวสะพาน ทำให้ร่างกระเด็นตกสะพานที่มีความสูงประมาณ 5 เมตร ลงไปกระแทกกับพื้นถนนจนเสียชีวิต

21. นักเรียนคิดว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้น คืออะไร (การระบุปัญหา)

……

……

……

22. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้เกิดจากสาเหตุใด (การค้นหาและอธิบายสาเหตุ)

……

……

……

23. นักเรียนคิดว่าวิธีการใดจะแก้ปัญหานี้ได้ดีที่สุด (การหาวิธีการแก้ปัญหา)

……

……

……

24. เมื่อนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนตามข้อดังกล่าวข้างต้นแล้ว น่าจะเกิดผลอย่างไร (การพิสูจน์คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา)

……

……

……

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายกรณ์ กูรมะสุวรรณ
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดจันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 18/200 ม.5 ต.ท่าช้าง อ.เมือง จ.จันทบุรี 22000
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2566-2567 ครู โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี พ.ศ. 2566 การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี