



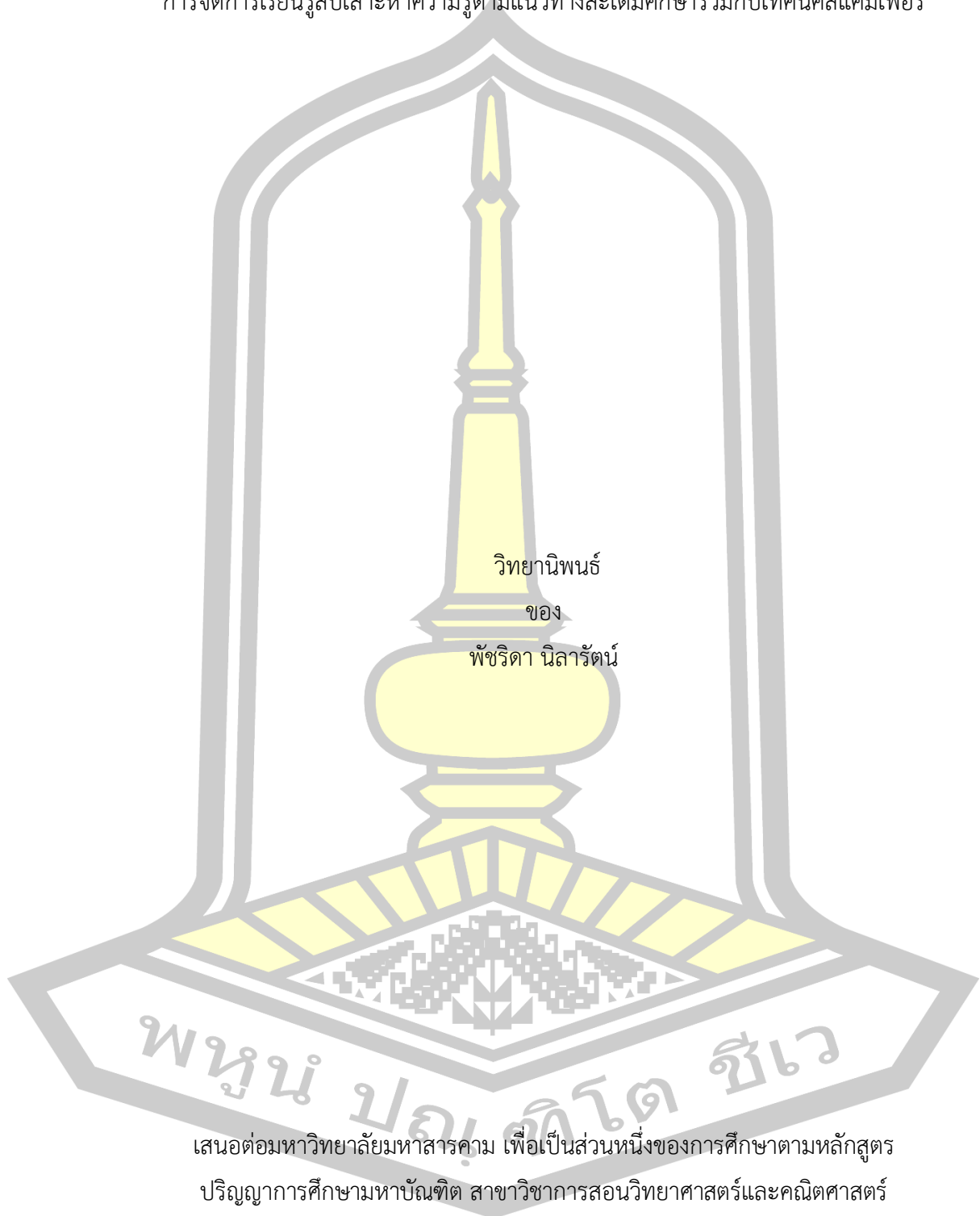
การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้
การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคแคมเพอร์

วิทยานิพนธ์
ของ
พัชริดา นิลรัตน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้
การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคแคมเพอร์



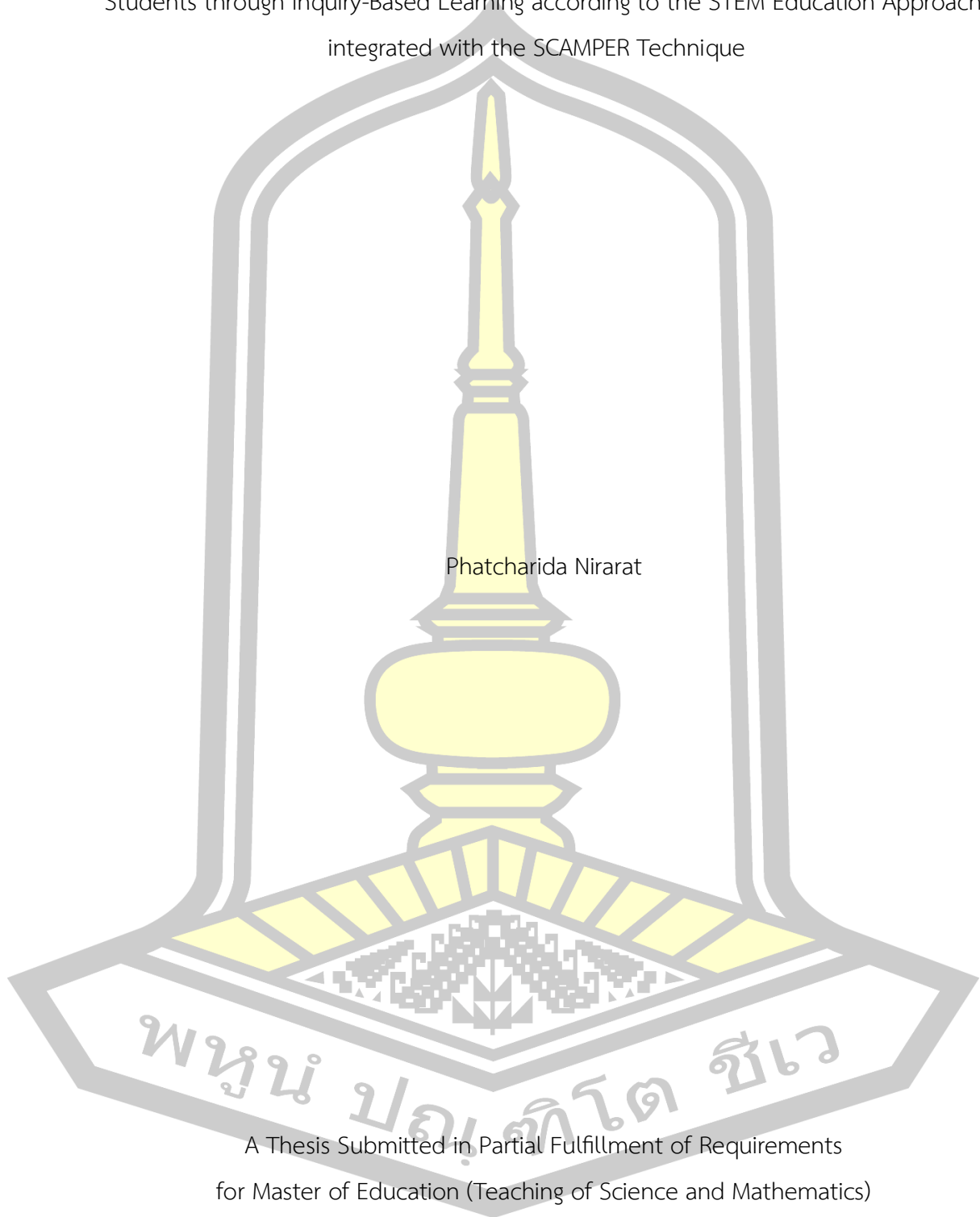
พูน พงศ์โต ชิว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Creative Thinking and Learning Achievement of Grade 11
Students through Inquiry-Based Learning according to the STEM Education Approach
integrated with the SCAMPER Technique



Phatcharida Nirarat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

April 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพัชรिता นิลารัตน์
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ประเสริฐ เรือนนະการ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. สุภกร หาญสูงเนิน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

กรรมการ

(รศ. ดร. มนต์รี วงษ์สะพาน)

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมาน เอกพิมพ์)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแหง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(ผศ. ดร. พลเดช เขาวรัตน์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์		
ผู้วิจัย	พัชรดา นิลารัตน์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุภกร หาญสูงเนิน รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

ความคิดสร้างสรรค์เป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนให้สามารถแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรมในอนาคตได้ งานวิจัยนี้จึงมีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ 2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

การวิจัยนี้มีรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน

โรงเรียนสารคามพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติไม่อิงพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีการทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 19.10 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.59 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 5) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.25 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนนซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, เทคนิคสแคมเพอร์, ความคิดสร้างสรรค์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

TITLE	The Development of Creative Thinking and Learning Achievement of Grade 11 Students through Inquiry-Based Learning according to the STEM Education Approach integrated with the SCAMPER Technique		
AUTHOR	Phatcharida Nirarat		
ADVISORS	Associate Professor Supakorn Harnsoongnoen , Ph.D. Associate Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2025

ABSTRACT

Creative thinking is an essential factor in enhancing student's ability to solve problems and develop future innovations. The purpose of this research was 1) to compare the creative thinking of Grade 11 students before and after who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique, 2) to compare the creative thinking of Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique to pass the criteria 70 percent of the total score, 3) to compare the learning achievement in Physics of Grade 11 students before and after who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique, 4) to compare the learning achievement in Physics of Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique to pass the criteria 70 percent of the total score, and 5) to study the Instructional Satisfaction of Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique.

This research utilized a quasi-experimental design. The research tool consisted of 6 lesson plans contained in 9 hours by using Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique on Simple Harmonic Motion, the creative thinking test is composed of 2 situations containing 3 sub-items for each situation, the learning achievement test, and the instructional satisfaction test. The study sample was 39 grade 11 students (class 5/10) at Sarakhampittayakhom School, in the first semester of the 2024 academic year. The sample is selected through cluster random sampling. The data were analyzed using mean values, standard deviation, and nonparametric statistics (Wilcoxon Signed Rank Test).

The results revealed that 1) Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique had higher creative thinking after the learning mean equal to 41.03 out of a total of 56 points than before the learning mean equal to 19.10 out of a total of 56 points at the .05 level of statistical significance, 2) Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique had higher creative thinking after learning mean equal to 41.03 out of a total of 56 points, which was significantly than the 70 percent criterion of the total score at the .05 level of statistical significance, 3) Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique had higher learning achievement in Physics after the learning mean equal to 15.03 out of a total of 20 points than before the learning mean equal to 4.59 out of a total of 20 points at the .05 level of statistical significance, 4) Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique had higher learning achievement in Physics after learning mean equal to 15.03 out of a total of 20 points, which was significantly than the 70 percent criterion of the total score at the .05 level of statistical significance, and 5) Grade 11 students who received Inquiry-Based Learning according to the STEM education approach integrated with the SCAMPER technique had

instructional satisfaction mean equal to 4.25 out of a total of 5 points, which is a high level of satisfaction.

Keyword : Inquiry-Based Learning according to the STEM Education Approach, SCAMPER Technique, Creative Thinking, Learning Achievement, Instructional Satisfaction



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งคอยให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้นได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรือนนงการ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน กรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ กรรมการ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ เจริญอินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ นางพิกุล พรหมสาเพชร และนายยุทธพันธ์ พูลพุทธา ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัยตลอดจนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม และบุคลากรทางการศึกษาทุกท่าน ตลอดจนนักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคมทุกคน ที่ให้ความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ ครอบครัว และครูบาอาจารย์ ตลอดจนกัลยาณมิตรทุก ๆ ท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

พัชริดา นิลารัตน์

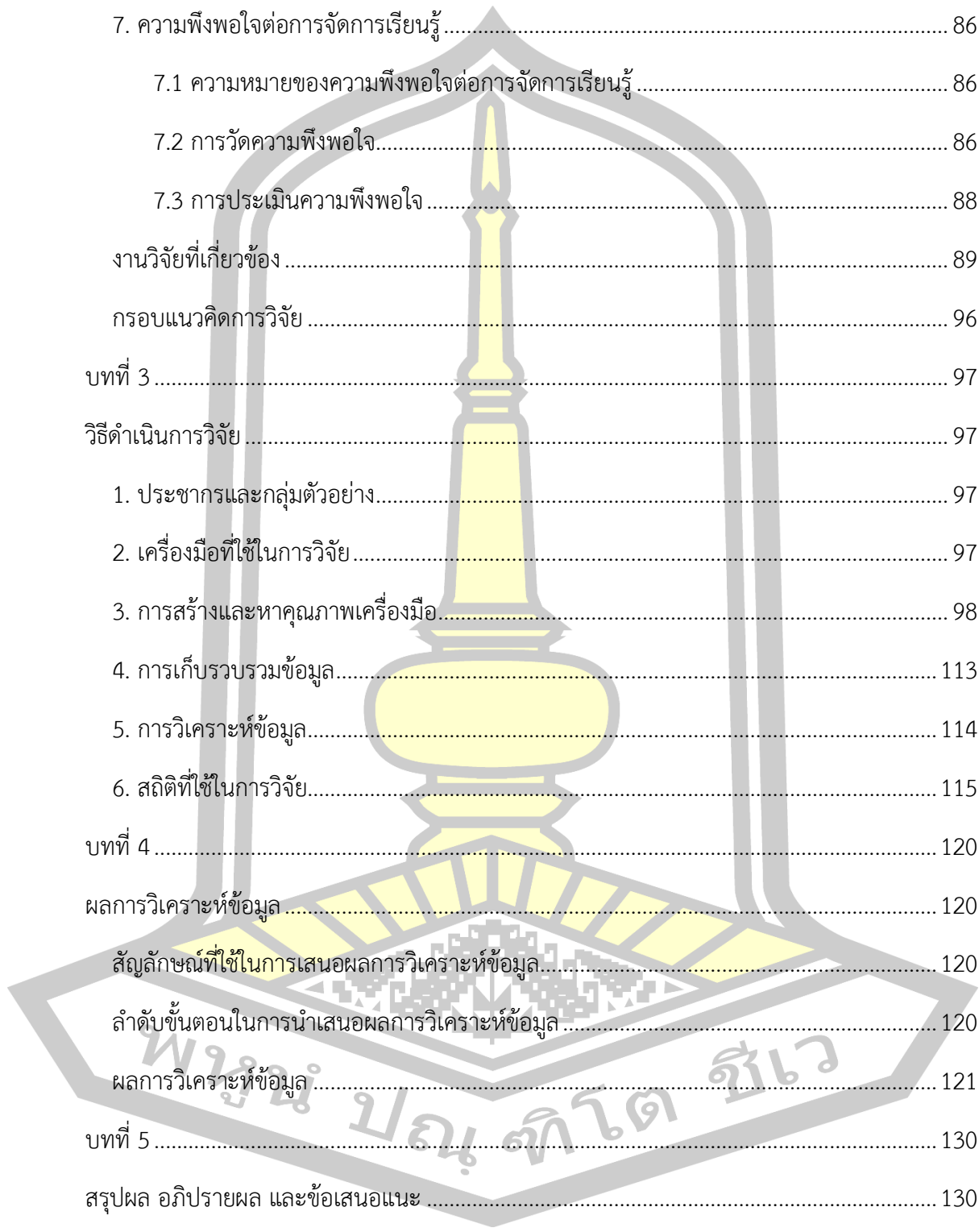
พนุน ปณฺ ทิโต ชีเว

สารบัญ

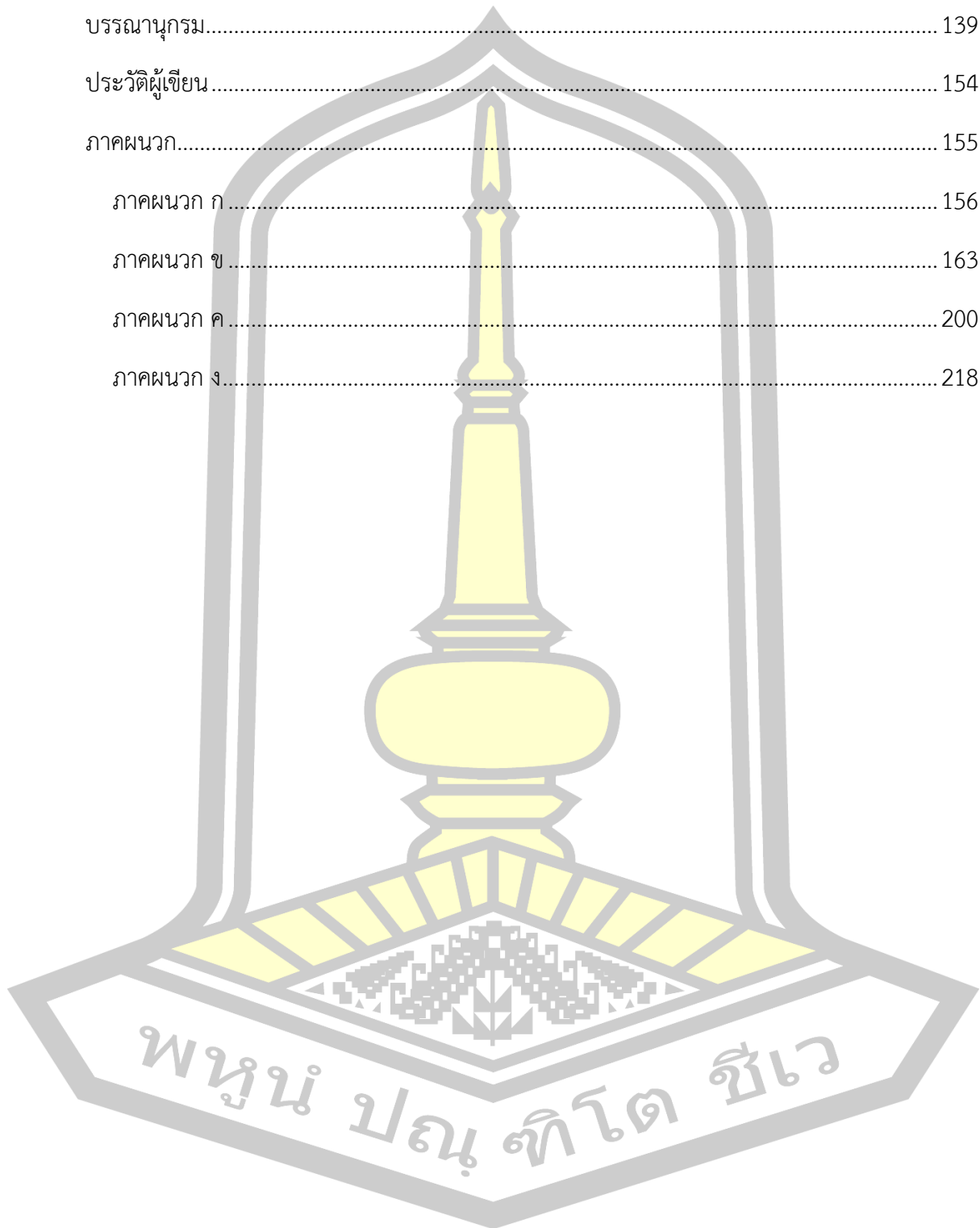
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฌ
สารบัญ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ท
สารบัญรูปภาพ.....	ด
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
สมมติฐานงานวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
1. สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)	9
1.1 เป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	9
1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้.....	11
1.3 คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์.....	14
2. ความคิดสร้างสรรค์.....	19

2.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์.....	19
2.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์.....	20
2.3 เครื่องมือและการวัดความคิดสร้างสรรค์.....	22
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	30
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	30
3.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	31
3.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	33
4. แนวคิดสะเต็มศึกษา.....	37
4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา.....	37
4.2 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา.....	37
4.3 ลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	41
4.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	43
4.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	47
4.6 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	48
5. การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้.....	51
5.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้.....	51
5.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	52
5.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	59
5.5 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	61
5.6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	61
6. เทคนิคสแคมเพอร์.....	68
6.1 ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์.....	68
6.2 องค์ประกอบของเทคนิคสแคมเพอร์.....	69
6.3 เทคนิคสแคมเพอร์ในการพัฒนาการคิด.....	71

6.4 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์	76
7. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	86
7.1 ความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	86
7.2 การวัดความพึงพอใจ.....	86
7.3 การประเมินความพึงพอใจ.....	88
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	89
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	96
บทที่ 3.....	97
วิธีดำเนินการวิจัย.....	97
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	97
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	97
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	98
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	113
5. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	114
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	115
บทที่ 4.....	120
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	120
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	120
ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	120
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	121
บทที่ 5.....	130
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	130
สรุปผล.....	130
อภิปรายผล.....	131



ข้อเสนอแนะ.....	138
บรรณานุกรม.....	139
ประวัติผู้เขียน.....	154
ภาคผนวก.....	155
ภาคผนวก ก.....	156
ภาคผนวก ข.....	163
ภาคผนวก ค.....	200
ภาคผนวก ง.....	218



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระการเรียนรู้พลศึกษา 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	15
ตารางที่ 2 เกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์.....	25
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์.....	30
ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	44
ตารางที่ 5 แสดงบทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	46
ตารางที่ 6 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	54
ตารางที่ 7 บทบาทของนักเรียนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	56
ตารางที่ 8 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	57
ตารางที่ 9 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	60
ตารางที่ 10 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	62
ตารางที่ 11 แสดงการผสมผสานขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	63
ตารางที่ 12 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	65
ตารางที่ 13 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	66
ตารางที่ 14 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	67
ตารางที่ 15 แสดงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์.....	79

ตารางที่ 16 แสดงบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์	85
ตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	98
ตารางที่ 18 แสดงรายละเอียดแบบวัดความคิดสร้างสรรค์.....	107
ตารางที่ 19 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์	108
ตารางที่ 20 ตารางวิเคราะห์สร้างจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดและประเมินผลตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้และวิเคราะห์.....	110
ตารางที่ 21 ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล (Tests of Normality) ความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์	121
ตารางที่ 22 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์	122
ตารางที่ 23 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	123
ตารางที่ 24 ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล (Tests of Normality) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์.....	124
ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์.....	125
ตารางที่ 26 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม.....	126
ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์	127

ตารางที่ 28 แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้.....	201
ตารางที่ 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1.....	203
ตารางที่ 30 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2.....	204
ตารางที่ 31 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3.....	205
ตารางที่ 32 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4.....	206
ตารางที่ 33 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5.....	207
ตารางที่ 34 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6.....	208
ตารางที่ 35 ผลการประเมินความเหมาะสมระหว่างข้อความถามกับความคิดสร้างสรรค์.....	209
ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์.....	210
ตารางที่ 37 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	211
ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จำนวน 20 ข้อ.....	213
ตารางที่ 39 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	216
ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนกของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	217

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	40
ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ 123	
ภาพที่ 3 แผนภูมิเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับ เทคนิคสแคมเพอร์.....	126



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่ทันสมัยในศตวรรษที่ 21 เป็นตัวขับเคลื่อนให้สังคมมีการแข่งขันมากขึ้น ดังนั้นมนุษย์จำเป็นต้องมีทักษะที่หลากหลาย (พันธิการ์ วัฒนกุลและสุรศักดิ์ มั่งสิงห์, 2558) ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านคิดแก้ปัญหาช่วยให้สามารถคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาตั้งแต่ระดับง่ายไปจนถึงระดับที่ซับซ้อน (สุทธิดา จำกัด, 2560) ซึ่งอาจติดตัวบุคคลนั้นมาตั้งแต่เกิดหรือเกิดจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (มนัสวี ศรีนนท์, 2560) อย่างไรก็ตามจินตนาการ ประสบการณ์ และความเชื่อส่งผลให้ความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละคนแตกต่างกันไป ด้วย หากถูกปิดกั้นทางความคิด อาจส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ (ณัฐกานต์ ภูมิคอนสาร, 2565) ซึ่งความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่สามารถคิดได้หลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) (Guilford, 1959) อาจมองได้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดใหม่ที่ต่อยอดมาจากความคิดเดิมเพื่อแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ หรือขยายความคิดที่มีอยู่แล้วให้มากขึ้น (มนัสวี ศรีนนท์, 2560)

ขณะเดียวกันกระทรวงศึกษาธิการได้เสนอแผนการศึกษาแห่งชาติ ระหว่างปี พ.ศ. 2560 – 2579 โดยมุ่งหวังให้คนไทยทุกคนมีโอกาสเข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพและเสมอภาค รวมถึงการพัฒนากระบวนการบริหารจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพ โดยเน้นการพัฒนากำลังคนให้เป็นคนที่มีสมรรถนะที่ตรงตามความต้องการของตลาดงาน รวมไปถึงการมีทักษะการตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณและแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีทักษะในการสร้างนวัตกรรม มีความสามารถในการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในชีวิตประจำวัน มีทักษะด้านคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ มีทักษะด้านอาชีพและการเรียนรู้ ตลอดจนมีความเข้าใจในความแตกต่างทางวัฒนธรรม นอกจากนี้ผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีคุณธรรม มีวินัย และมีจริยธรรมเพื่อใช้เป็นหลักในการพัฒนาตนเองให้สามารถเติบโตเป็นบุคคลที่มีความรับผิดชอบในสังคม มีความสามารถในการแสวงหาความรู้และเติบโตอย่างยั่งยืนในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบันได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) อีกทั้งกระทรวงศึกษาธิการดำเนินการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นหลักสูตรสมรรถนะ ซึ่งประกอบด้วย 5 สมรรถนะหลัก ดังนี้ 1. การจัดการตนเอง 2. การสื่อสาร 3. การทำงานเป็นทีม 4. การคิดขั้นสูง และ 5. การเป็นพลเมืองที่เข้มแข็งและมีวิสัยทัศน์ กล่าวคือ ผู้เรียนมีสมรรถนะหลัก ความรู้ ทักษะ และเจตคติ เพื่อการเป็นผู้เรียน ผู้ร่วมสร้างนวัตกรรมและเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง ทั้งนี้หลักสูตรสมรรถนะยังคงอยู่ในขั้นทดลองใช้ ในอนาคตอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ความชัดเจนมากขึ้น (ชัชชพณีย์ จันทวงศ์เดือน และวริญดา บรรหาร, 2565) นอกจากนี้การคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) เป็นสมรรถนะหนึ่งที่อยู่หลักสูตรเกี่ยวกับการแก้ปัญหา หรือพัฒนาชิ้นงานด้วยนวัตกรรมแปลกใหม่ หรือต่อยอดจากของเดิมให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้จริง จำเป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์มาช่วยแก้ปัญหาและพัฒนาให้ประเทศชาติมีความเจริญก้าวหน้า และสามารถต่อสู้ทางอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจกับนานาชาติได้ (ธนะวัชร จริยะภูมิ

และพัลลภ พิริยะสุวรรณ, 2558) ซึ่งแนวโน้มของสังคมในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาทิจำการทำงาน การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนางานให้ดีขึ้น ด้วยเหตุผลนี้องค์กรต่าง ๆ จึงต้องการบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถคิดวิเคราะห์และมีทักษะการแก้ปัญหาช่วยในการขับเคลื่อนองค์กร (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559)

นอกจากนี้จากการศึกษาผลการประเมิน PISA (Programme for International Students Assessment) ปี ค.ศ. 2022 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ลดลง 17 คะแนน เมื่อเทียบกับผลการประเมินของปี ค.ศ. 2018 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) นอกจากนี้จากรายงานการประเมินภายในของสถานศึกษาโรงเรียนสารคามพิทยาคม ผลการทดสอบคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ลดลง 1.00 คะแนนเมื่อเทียบกับปีการศึกษา 2564 โดยมีจุดที่ควรพัฒนาด้านกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้แก่ ครูควรจัดกิจกรรมเน้นให้ผู้เรียนได้มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์อย่างหลากหลายและใช้แหล่งเรียนรู้ในการพัฒนาตนเอง อีกทั้งครูควรจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีที่หลากหลายสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน และฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์หาความรู้จากแหล่งเรียนรู้สื่อเทคโนโลยี (รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาโรงเรียนสารคามพิทยาคม, 2565) อีกทั้งผู้วิจัยได้ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน ด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ชนิดอัตนัยเชิงสถานการณ์จำนวน 1 สถานการณ์ มี 5 ข้อคำถาม ครอบคลุม 4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ (หัตถ์สันเพ็งสันเทียะ, 2563) พบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนน จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 28.21 อีกทั้งจากการตรวจแบบวัดความคิดสร้างสรรค์พบว่านักเรียนไม่สามารถคิดหาคำตอบได้หลากหลายภายในเวลาที่กำหนดให้ ยังไม่มีความแปลกใหม่ รวมถึงไม่สามารถให้รายละเอียดของคำตอบด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เห็นถึงความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของตนเอง จากพฤติกรรมดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์

ด้วยเหตุนี้จากสภาพปัญหาข้างต้นผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่จะสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ คือ การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) เป็นรูปแบบการสอนที่ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงหาความรู้ ลงข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน (ทีศนา แคมมณี, 2563) มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ผู้เรียนได้ฝึกคิด สังเกต นำเสนอ และวิเคราะห์ ทำให้สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่และแก้ปัญหาได้ (ปรียานุช ทะพิงค์แก, 2566) อย่างไรก็ตามนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นจะทำให้ความรู้กว้างขึ้น (โชติรส อับสมบุรณ์และวันเพ็ญ ประทุมทอง, 2565) ด้วยการบูรณา 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ผ่านการสร้างชิ้นงาน (สืบพงษ์ ปราบใหญ่, 2560)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) จัดขึ้นโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Foundation, NSF) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดอักษรย่อ STEM คือ บูรณาการของ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกาขาดแคลนบุคลากรที่ทำงานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อีกทั้งคะแนนในการประเมินระดับนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาต่ำลงเรื่อย ๆ นอกจากนี้ยังมีอาชีพใหม่ ๆ ด้านสะเต็มเกิดขึ้นมากมาย เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการที่ซับซ้อนของคนในยุคปัจจุบัน (ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2566) อัตราการเติบโตในอุตสาหกรรมที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ทั่วโลกเฉลี่ย 8.7% ส่งผลให้ระบบเศรษฐกิจที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะ เทคโนโลยีมาผสมผสานกับทรัพย์สินทางวัฒนธรรมจะสร้าง มูลค่า และ คุณค่า ซึ่งตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในตลาดโลกได้ (ธนัชวีร์ จริยะภูมิและพัลลภ พิริยะสุรวงศ์, 2558) ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นความคิดพื้นฐานสำคัญที่จะสร้างอาชีพ สร้างรายได้ หรือเพิ่มมูลค่าให้แก่แต่ละบุคคล องค์กร หรือประเทศให้แตกต่างกัน (Duad, et al., 2012) นวัตกรรมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ เนื่องจากสร้างสรรค์ให้เกิดสิ่งใหม่ โดยใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Drucker, 2022) หากใช้สะเต็มมาบูรณาการร่วมด้วยจะช่วยเพิ่มความสามารถและศักยภาพของผู้เรียนได้มากขึ้น (พรทิพย์ ศิริภักทราชัย, 2556) โดยนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียนนำมาออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน มีทักษะชีวิต มีความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมได้ (กมลฉัตร กล่อมอ้อม, 2559)

นอกจากนี้เพื่อให้นักเรียนคิดนอกกรอบได้มากยิ่งขึ้น เทคนิคสแคมเพอร์ (SCAMPER technique) เป็นเทคนิคระดมสมองรูปแบบหนึ่งที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยตัวอักษรแต่ละตัวมาจากตัวอักษรตัวแรกของวิธีที่จะกระตุ้นความคิดให้เกิดสิ่งใหม่ ดังนี้ การแทนที่ (Substitute, S) การรวมกัน (Combine, C) ปรับให้เข้ากัน (Adapt, A) การดัดแปลง (Modify, M) ประยุกต์ใช้ (Put to Other Use, P) ตัดออก (Eliminate, E) และการจัดเรียงใหม่ (Rearrange) (สายหยุด อุไรสกุล, 2555) ซึ่งสามารถสร้างมุมมองใหม่ ต่อเติมความคิดที่มีอยู่แล้วให้นำสนใจและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถออกแบบได้หลากหลายและสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ (กชพรรณ วิชาพันธ์และคณะ, 2567)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้และเทคนิคต่างๆ ทั้งข้อดีและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อแก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

สมมติฐานงานวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ขอบเขตของการวิจัย

1. การกำหนดประชากรและตัวอย่าง

1.1 ประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จำนวน 8 ห้อง จำนวนนักเรียน 314 คน ครอบคลุมสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 สายการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียน 39 คน ครอบคลุมสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เป็นเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ เล่ม 3 (ฉบับปรับปรุง 2560) เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีสาระการเรียนรู้ดังนี้

1. ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
2. การกระจัดของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
3. ความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย
4. การสั้นของมวลติดปลายสปริง
5. การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย
6. ความถี่ธรรมชาติและการสั้นพ้อง

3. ระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยมีผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด และนักเรียนมีบทบาททบทวนความรู้เดิม เกิดความสงสัยและให้ความสนใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติการทดลอง สังเกตและฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้รับ โดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และครูมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ไปแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อสร้างชิ้นงาน

3. เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER Technique) หมายถึง เป็นเทคนิคที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สร้างความคิดใหม่ หรือปรับปรุงความคิดเดิม โดยการตั้งคำถามเพื่อระดมความคิดช่วยให้เกิดความคิดที่หลากหลาย ประกอบด้วย

3.1 การทดแทน (Substitute, S) เป็นคำถามเกี่ยวกับการหาสิ่งใหม่มาทดแทนเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น มีความหลากหลายทั้งชนิด ประเภทของวัสดุ คุณสมบัติ ความยืดหยุ่นในการใช้งาน หลากหลายนุ่มนวล และแปลกใหม่มากที่สุด

3.2 การรวมกัน (Combine, C) เป็นคำถามเกี่ยวกับการรวมวัสดุอุปกรณ์หรือวิธีการเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.3 การปรับใช้ (Adapt, A) เป็นคำถามเกี่ยวกับการนำความคิดเดิมมาปรับใช้เพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.4 การดัดแปลง (Modify) เป็นคำถามเกี่ยวกับการดัดแปลงชิ้นงานเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.5 การประยุกต์ใช้ (Put to Other Use, P) เป็นคำถามเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนส่วนประกอบหรือเปลี่ยนวิธีการเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.6 การตัดออก (Eliminate, E) เป็นคำถามเกี่ยวกับการลดอุปกรณ์หรือลดขั้นตอนเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

3.7 การจัดเรียงใหม่ (Rearrange, R) เป็นคำถามเกี่ยวกับการจัดเรียงลำดับขั้นตอนใหม่เพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4. การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ (Inquiry-Based Learning According to the STEM Education Approach Integrated with the SCAMPER Technique) หมายถึง เป็นการจัดการเรียนการสอนบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมแทรกเข้าไปในขั้นของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด และนักเรียนมีบทบาททบทวนความรู้เดิม เกิดความสงสัยและให้ความสนใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันปฏิบัติการทดลอง สังเกตและฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) คณิตศาสตร์ (M) และด้านวิศวกรรม (E) มาบูรณาการแก้ปัญหาสถานการณ์โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนย่อยในกระบวนการทางวิศวกรรมดังนี้ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. ดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้คำถามจากเทคนิคสแคมเพอร์ (SCAMPER) เพื่อให้ชิ้นงานมี

ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ครูมีบทบาทในการถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายและแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น ๆ และสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้รับโดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และครูมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองและประเมินความคิดสร้างสรรค์

5. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) หมายถึง ความสามารถในการสร้างและพัฒนาไอเดียใหม่ ๆ หรืออาจเป็นการเชื่อมโยงไอเดียที่มีอยู่ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ที่มีคุณค่าหรือแก้ไขปัญหาในมุมมองใหม่ๆ และไม่ซ้ำซ้อนกับวิธีเดิม ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด (Guilford) โดยวัดและประเมินผลโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ ครอบคลุม 4 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์โดยข้อที่ 1 และ 2 วัดความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ข้อที่ 3 วัดความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ

ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง การคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว ให้ได้มากที่สุด เน้นปริมาณและวิธีไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน ภายในเวลาจำกัด

ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การคิดได้หลากหลายแนวทาง สามารถบอกวิธีการได้หลากหลาย ไม่ซ้ำกัน

ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดในการหาคำตอบแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับคำตอบของผู้อื่น แตกต่างจากความคิดเดิม

ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในอธิบายเพื่อทำให้คิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ วัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ดังนี้ จำ เข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

7. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ (Instructional Satisfaction) หมายถึง ความรู้สึกและความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ในด้านต่างๆ วัดและประเมินผลโดยใช้แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ที่ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

- 1.1 เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์
- 1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
- 1.3 คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์
- 1.4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
 - 2.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
 - 2.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
 - 2.3 เครื่องมือและการวัดความคิดสร้างสรรค์
3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 4.2 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา
 - 4.3 ลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 4.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 4.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้
 - 4.6 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
5. การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้
 - 5.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้
 - 5.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้
 - 5.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้
 - 5.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้
 - 5.5 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
6. เทคนิคสแคมเพอร์
 - 6.1 ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์
 - 6.2 องค์ประกอบของเทคนิคสแคมเพอร์
 - 6.3 เทคนิคสแคมเพอร์ในการพัฒนาการคิด

6.4 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิค สแควมเพอร์

7. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
 - 7.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.2 การวัดความพึงพอใจ
 - 7.3 การประเมินความพึงพอใจ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
9. กรอบแนวคิดงานวิจัย

1. สารสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.1 เป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้ง กระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มา จัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชา วิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และ สภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อ สังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

1. เข้าใจการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ กลไกการรักษาคุณภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่างๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้ เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

2. เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่างๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

3. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม สมบัติบางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมี โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเขียนสมการเคมี

4. เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่ง ผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

5. เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สื่อกับการมองเห็นสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6. เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

7. เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส ที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทรและผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก รวมทั้งการแปลความหมายลักษณะลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

8. เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซี ทางช้างเผือก กระบวนการเกิดและการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสีอุณหภูมิผิวและสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริหารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

9. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

10. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้

อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่ การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มี หลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกว่าวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิง ปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

11. วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อ ตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูล และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดย การพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิง หรือมี ทฤษฎีรองรับ

12. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหา ความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทาง วิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

13. แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือ แก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

1.2 สารและมาตรฐานการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการ เรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เพื่อให้สถานศึกษา ผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่างๆ ได้ใช้เป็น แนวทางในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว. 1.1 ความเข้าใจหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับ สิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงานการ เปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว. 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงาน สัมพันธ์กันความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กันรวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว. 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรมการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 ชีววิทยา

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิบัติการเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี - ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืชการสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษา ดุลยภาพและพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.5 เข้าใจเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระที่ 5 เคมี

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด - เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้ารวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระที่ 6 ฟิสิกส์

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้งรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.2 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการมองเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.3 เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 6.4 เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโต อิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรการเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

มาตรฐาน ว 7.3 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาว บนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

สาระที่ 8 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือ พัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 8.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทันและมีจริยธรรม

1.3 คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้ให้คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3

ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แรงกับการสั่นของมวลติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง ธรรมชาติของคลื่น อัตราเร็วของคลื่น หลักการที่เกี่ยวกับคลื่น พฤติกรรมของคลื่น แนวคิดเกี่ยวกับแสงเชิงคลื่น การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ การเลี้ยวเบนของแสงผ่าน สลิตเดี่ยว การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง การสะท้อนและการหักเหของแสง การมองเห็นและการเกิดภาพ ภาพจากเลนส์และกระจกเงาทรงกลม แสงสีและการมองเห็นแสงสี ปรัชญาการณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับแสงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง
3. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่น การแผ่ของหน้าคลื่นด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น
4. สังเกตและอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่นผิวน้ำ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

5. ทดลอง และอธิบายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

6. ทดลอง และอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุตามกฎการสะท้อน เขียนรังสีของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุ เมื่อแสงตกกระทบบนกระจกเงาราบและกระจกเงาทรงกลม รวมทั้งอธิบายการนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบ และกระจกเงาทรงกลมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

7. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ และมุม หักเห รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริงและลึกปรากฏ มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

8. ทดลอง และเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพและความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

9. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด มिरาจ และการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน

10. สังเกตและอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสี

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. ทดลอง และอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	<ul style="list-style-type: none"> การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีคาบและแอมพลิจูดคงตัวและมีการกระจัดจากตำแหน่งสมดุลที่เวลาใดๆ เป็นฟังก์ชันแบบไซน์ โดยปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ตามสมการ $x = A \sin(\omega t + \phi)$ $v = A \omega \cos(\omega t + \phi)$ $a = -A \omega^2 \sin(\omega t + \phi)$ $v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ $v_{\max} = \omega A$ $a_{\max} = -\omega^2 A$ $a = -\omega^2 x$ การสั้นของวัตถุติดปลายสปริง และการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายที่มีขนาดของความเร่งแปรผันตรงกับขนาดของการกระจัดจากตำแหน่งสมดุล แต่มีทิศตรงข้าม โดยมีคาบการ

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	<p>สั้นของวัตถุที่ติดอยู่ที่ปลายสปริง และคาบการแกว่งของลูกตุ้มตามสมการ</p> $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \text{ และ } f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \text{ ตามลำดับ}$
<p>2. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> • เมื่อตั้งวัตถุที่ติดปลายสปริงออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยให้สั้น วัตถุจะสั้นด้วยความถี่เฉพาะตัวการตั้งลูกตุ้มออกจากแนวตั้งแล้วปล่อยให้แกว่งลูกตุ้มจะแกว่งด้วยความถี่เฉพาะตัวเช่นกัน ความถี่ที่มีค่าเฉพาะตัวนี้เรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั้นด้วยความถี่ที่มีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้วัตถุสั้นด้วยแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่า การสั่นพ้อง
<p>3. อธิบายปรากฏการณ์คลื่น ชนิดของคลื่น ส่วนประกอบของคลื่นการแผ่ของหน้าคลื่นด้วยหลักการของฮอยเกนส์ และการรวมกันของคลื่นตามหลักการซ้อนทับ พร้อมทั้งคำนวณอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น</p>	<ul style="list-style-type: none"> • คลื่นเป็นปรากฏการณ์การถ่ายโอนพลังงานจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง • คลื่นที่ถ่ายโอนพลังงานโดยต้องอาศัยตัวกลาง เรียกว่า คลื่นกล ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถ่ายโอนพลังงานโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง นอกจากนี้ยังจำแนกชนิดของคลื่นออกเป็นสองชนิด ได้แก่ คลื่นตามขวาง และคลื่นตามยาว • คลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ส่งคลื่นอย่างต่อเนื่อง และมีรูปแบบที่ซ้ำกันบรรยายได้ด้วยการกระจัด สันคลื่น ท้องคลื่น เฟส ความยาวคลื่น ความถี่ คาบ แอมพลิจูด และอัตราเร็ว โดยอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการ $v = f\lambda$ • การแผ่ของหน้าคลื่นเป็นไปตามหลักของฮอยเกนส์และถ้ามีคลื่นตั้งแต่สองขบวนมาพบกันจะรวมกันตามหลักการซ้อนทับ
<p>4. สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบนของคลื่น นพินธ์รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> • คลื่นมีการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน • คลื่นเกิดการสะท้อนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปถึงสิ่งกีดขวางหรือรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกันแล้วเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม โดยเป็นไปตามกฎการสะท้อน เขียนแทนได้ด้วยสมการ <p style="text-align: center;">มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน</p>

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	<ul style="list-style-type: none"> • คลื่นเกิดการหักเหเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ต่างกันแล้วอัตราเร็วคลื่นเปลี่ยนซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเห เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$ • คลื่นนิ่งเกิดจากคลื่นอาพันธ์สองขบวนแทรกสอดกันแล้วเกิดตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริมตลอดเวลา เรียกว่า ปฏิบัพ และตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างตลอดเวลา เรียกว่า บัพ • คลื่นเกิดการเลี้ยวเบนเมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางแล้วมีคลื่นแผ่จากขอบสิ่งกีดขวางไปด้านหลังได้
<p>5. ทดลอง และอธิบายการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่และเกรตติง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> • เมื่อแสงผ่านช่องเล็กยาวเดี่ยว (สลิตเดี่ยว) และช่องเล็กยาวคู่ (สลิตคู่) จะเกิดการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดทำให้เกิดแถบมืด และแถบสว่างบนฉาก โดยปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการแถบมืด สำหรับสลิตเดี่ยว $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ แถบสว่าง สำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$ แถบมืด สำหรับสลิตคู่ $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \text{ เมื่อ } n = 1, 2, 3, \dots$ • เกรตติง เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยช่องเล็กยาวที่มีจำนวนช่องต่อหนึ่งหน่วยความยาวเป็นจำนวนมาก และระยะห่างระหว่างช่องมีค่าน้อยโดยแต่ละช่องห่างเท่ากัน ใช้สำหรับหาความยาวคลื่นของแสงและศึกษาสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง โดยปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์ตามสมการ $d \sin \theta = n\lambda \text{ เมื่อ } n = 0, 1, 2, \dots$
<p>6. ทดลอง และอธิบายการสะท้อนของแสงที่ผิววัตถุตามกฎการสะท้อน เขียนรังสี ของแสงและคำนวณตำแหน่งและขนาดภาพของวัตถุ เมื่อแสงตกกระทบบนระจกเงาราบและระจกเงาทรงกลม รวมทั้งอธิบาย</p>	<ul style="list-style-type: none"> • เมื่อแสงตกกระทบบนผิววัตถุ จะเกิดการสะท้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน • วัตถุที่อยู่หน้าระจกเงาราบและระจกเงาทรงกลม จะเกิดภาพที่สามารถหาตำแหน่ง ขนาดและชนิดของภาพที่เกิดขึ้น ได้จากการเขียนภาพของรังสีแสงหรือการคำนวณจากสมการ

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
<p>การนำความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงจากกระจกเงาราบ และกระจกเงาทรงกลมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p>	<p>กรณีกระจกเงาราบ</p> $S' = S$ <p>กรณีกระจกเงาทรงกลม</p> $\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$ $M = \frac{y'}{y}$
<p>7. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีหักเห มุมตกกระทบ และมุมหักเห รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจริงและความลึกปรากฏ มุมวิกฤตและการสะท้อนกลับหมดของแสง และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง</p>	<ul style="list-style-type: none"> เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านผิวรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลางจะเกิดการหักเห โดยอัตราส่วนระหว่างไซน์ของมุมตกกระทบกับไซน์ของมุมหักเหของตัวกลางคู่หนึ่งมีค่าคงตัว เรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎของสเนลล์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ การหักเหของแสงทำให้มองเห็นภาพของวัตถุที่อยู่ในตัวกลางต่างชนิดกันมีตำแหน่งเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้จากสมการ $\frac{S'}{S} = \frac{n_2}{n_1}$ มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่า 90 องศา เรียกว่า มุมวิกฤต ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหมากไปตัวกลางที่มีดรรชนีหักเหน้อย คำนวณได้จากสมการ $\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$ การสะท้อนกลับหมดเกิดขึ้นเมื่อมุมตกกระทบมากกว่ามุมวิกฤต
<p>8. ทดลอง และเขียนรังสีของแสงเพื่อแสดงภาพที่เกิดจากเลนส์บาง หาตำแหน่ง ขนาด ชนิดของภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และอธิบายการนำความรู้เรื่องการหักเหของแสงผ่านเลนส์บางไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน</p>	<ul style="list-style-type: none"> เมื่อวางวัตถุหน้าเลนส์บางจะเกิดภาพของวัตถุโดยตำแหน่ง ขนาด และชนิดของภาพที่เกิดขึ้นหาได้จากการเขียนภาพของรังสีแสง หรือคำนวณได้จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$ $M = \frac{y'}{y}$ ความรู้เรื่องเลนส์นำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
9. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด มิราจ และการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน	<ul style="list-style-type: none"> • ปรากฏการณ์สะท้อนและการหักเหของแสงใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด และมีมิราจ • เมื่อแสงตกกระทบอนุภาคหรือโมเลกุลของอากาศแสงจะเกิดการกระเจิง ใช้อธิบายการเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่างๆ ในช่วงเวลาต่างกัน
10. สังเกต และอธิบายการมองเห็นแสงสี สีของวัตถุ การผสมสารสี และการผสมแสงสี รวมทั้งอธิบายสาเหตุของการบอดสี	<ul style="list-style-type: none"> • การมองเห็นสีจะขึ้นกับแสงสีที่ตกกระทบกับวัตถุและสารสีบนวัตถุ โดยสารสีจะดูดกลืนบางแสงสีและสะท้อนบางแสงสี • การผสมสารสีให้ได้สารสีที่มีสีเปลี่ยนไปจากเดิมถ้า นำแสงสีปฐมภูมิในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมกันจะได้แสงขาว • แผ่นกรองแสงสียอมให้บางแสงสีผ่านไปได้และดูดกลืนบางแสงสี • การผสมแสงสีและการผสมสารสีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านศิลปะ ด้านการแสดง • ความผิดปกติในการมองเห็นสีหรือการบอดสีเกิดจากความบกพร่องของเซลล์รูปกรวย ซึ่งเป็นเซลล์รับแสงชนิดหนึ่งบนจอตา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 ผลการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 มีเนื้อหาดังนี้ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย การกระจัดของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย การสั้นของมวลติดปลายสปริง การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย และความถี่ธรรมชาติและ การสั้นพ้อง

2. ความคิดสร้างสรรค์

2.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1959) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม คิดได้กว้างไกล ลักษณะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ ประกอบด้วยความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องตัว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

Osborn (1963) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied Imagination) ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่ยุ้งยากนำไปสู่การประดิษฐ์ คิดค้น สิ่งแปลกใหม่ซึ่งเป็นจินตนาการที่ควบคู่ไปกับความอดทน

Good (1986) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความคิดในการสำรวจและตรวจสอบ สถานการณ์แปลกใหม่ วิธีการใหม่แก้ปัญหาเก่า หรือผลิตผลใหม่ที่ริเริ่มจากนักคิด

Anderson (1970) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่า คือ ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการของความรู้สึที่ไวต่อปัญหาหรือความสามารถมนุษย์ในการคิดแก้ปัญหาด้วยความคิดที่นอกเหนือจากลำดับขั้นของการคิดปกติธรรมดา คิดได้หลายแง่ หลายมุม ให้สมบูรณ์มากขึ้น

De Bono (1982) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบ (Lateral Thinking) เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ๆ ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้หลายๆ วิธี และวิธีเหล่านี้ไปพัฒนาต่อเพื่อให้สามารถใช้แก้ปัญหาที่ต้องการได้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2534) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ว่าเป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ทำให้เกิดความคิดใหม่ต่อเนื่องกันไป ประกอบด้วย ความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดที่เป็นของตนเองโดยเฉพาะความคิดริเริ่ม

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางความคิดที่มีความสำคัญต่อการสร้างความคิด จินตนาการต่อสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ซึ่งเด็กทุกคนมีมาแต่กำเนิด หากได้รับการกระตุ้นจะทำให้มีอิสระทางความคิด

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ว่าเป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ให้แตกต่างจากเดิม และใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม จากการศึกษาความหมายของความคิดสร้างสรรค์ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงความสามารถในการสร้างและพัฒนาไอเดียใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าหรือแก้ไขปัญหาในมุมมองใหม่ ๆ และไม่ซ้ำซ้อนกับวิธีเดิม ตามกิลฟอร์ด

2.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Torrance (1966) ได้อธิบายองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถทางสมองในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่กำหนดให้ได้รวดเร็วและได้ปริมาณมากในเวลาจำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่างโดยอิสระไม่จำกัดความคิด

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่กำหนดให้แปลกใหม่ แตกต่างไม่ซ้ำกับความคิดเดิม โดยยึดจากสถิติของคำตอบของกลุ่ม

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่กำหนดให้ได้รายละเอียด ชัดเจนเพื่อเพื่อนำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์

Guilford (1967) ได้กล่าวเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน แบ่งเป็น

1.1 ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำ

1.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

1.3 ความคิดคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการใช้สีหรือประโยค และนำมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

1.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ให้คิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดให้

2. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่จากความคิดธรรมดาหรือความคิดที่แตกต่างไปจากบุคคลอื่น

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของการคิดโดยแบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) ความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ คนที่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้ จะคิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ว่ามีอะไรบ้างได้หลายทิศทาง ในขณะที่คนซึ่งไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้เพียงทางเดียว

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adapture Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้าน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในการตกแต่ง เพื่อทำให้ความคิดริเริ่มสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

อาร์ รังสินันท์ (2527) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เป็นความคิดที่จำเป็นต้องอาศัยจินตนาการผสมกับเหตุผลแล้วหาทางทำให้เกิดผลงาน

2. ความคล่องตัว หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันเมื่อตอบปัญหาเรื่องเดียวกัน ความคล่องในการคิดนี้มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหามากมาย วิธี และต้องการนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้อง

3. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ประเภท หรือแบบของความคิด แบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถในการคิดอย่างอิสระให้ได้คำตอบหลายแนวทางในขณะที่คนทั่วไปจะคิดได้แนวทางเดียว

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง เป็นความสามารถในการดัดแปลงของสิ่งเดียวให้เกิดประโยชน์หลายด้าน

4. ความคิดละเอียดลออ เป็นลักษณะของความพยายามในการใช้ความคิด และประสานความคิดต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความสำเร็จ

ซูติมา วงษ์พระลับ (2553) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1. ความคิดคล่องตัว (Fluency) เป็นความสามารถในการคิดหาแนวทางที่คล้ายกันในการแก้ปัญหาได้หลายแนวทางในเวลาที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ ความคิดคล่องตัวในด้านถ้อยคำ (Word Fluency) ความคิดคล่องตัวในเรื่องการโยงความสัมพันธ์ (Associational Fluency) ความคิดคล่องตัวทางการแสดงออก (Expressional Fluency) และความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency)

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการหาแนวทางที่ไม่ซ้ำกันได้หลายแนวทางในการแก้ปัญหา เช่น ให้คิดว่าจะนำแก้วพลาสติกไปใช้ทำอะไรได้บ้างภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นในทันทีทันใด (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลายทิศทางในเวลาที่กำหนดและความคิดยืดหยุ่นในการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ ด้าน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดที่แปลกแตกต่างจากความคิดเดิมซึ่งไม่เหมือนใครอาจเกิดจากการนำความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น ความคิดริเริ่มจึงเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก และเป็นความคิดที่เกิดขึ้นด้วยการอาศัย ความกล้าคิด กล้าลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 1. ความคิดคล่อง (Fluency) 2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) 3. ความคิดริเริ่ม (Originality) 4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้อิงองค์ประกอบตามแนวคิดของกิลฟอร์ดดังนี้ 1) ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง การคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็วให้ได้มากวิธีที่สุด เน้นปริมาณและวิธีไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน ภายในเวลาจำกัด 2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การคิดได้หลากหลายแนวทาง สามารถบอกวิธีการได้หลากหลายไม่ซ้ำกัน 3) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดในการหาคำตอบแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นแตกต่างจากเดิม 4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในอธิบายเพื่อทำให้คิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.3 เครื่องมือและการวัดความคิดสร้างสรรค์

Torrance (1973) สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ขึ้นในปี ค.ศ. 1966 ภายในขอบเขตและเนื้อหาทางการศึกษาซึ่งเป็นโปรแกรมการวิจัยระยะที่เน้นเฉพาะในเรื่องประสบการณ์ในห้องเรียนที่จะสนับสนุน และเร้าให้เด็กทดสอบเน้นให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน ขจัดความกลัว สร้างความรู้สึกอบอุ่นใจการทดสอบนี้ใช้ได้ตั้งแต่อุนบาลถึงระดับอุดมศึกษา แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ประกอบด้วยแบบทดสอบที่เป็นแบบภาษา (Verbal) Verbal Form A และ B และแบบทดสอบที่เป็นรูปภาพ (Figural) คือ แบบทดสอบรูปภาพแบบ ก และแบบทดสอบรูปภาพแบบ ข (Form A, B)

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively With Words) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาษาเป็นสื่อให้ผู้สอบแสดงความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมา ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การตั้งคำถาม (Asking) ให้นักเรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุด เพื่อให้ได้คำตอบที่ตนเองอยากรู้

กิจกรรมที่ 2 การเดาสาเหตุ (Guessing Causes) โดยให้นักเรียนเขียนเดาสาเหตุหรือเหตุการณ์ที่จะเกิดก่อนเหตุการณ์ในภาพให้ได้มากที่สุด

กิจกรรมที่ 3 การเดาผลที่เกิดมา (Guessing Consequences) ให้นักเรียนเขียนผลหรือเหตุการณ์ที่เกิดต่อจากเหตุการณ์ในภาพ

กิจกรรมที่ 4 การปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product Improvements) ให้นักเรียนคิดดัดแปลง หรือปรับปรุงภาพที่กำหนดให้เป็นภาพที่น่ารัก หรือเป็นของเล่นที่สนุกออกมาให้มากที่สุด

กิจกรรมที่ 5 การใช้ประโยชน์ของสิ่งของ (Unusual Uses) ให้นักเรียนบอกประโยชน์ของกล่องกระดาษแข็งมาให้มากที่สุด

กิจกรรมที่ 6 การตั้งคำถามแปลกๆ (Unusual Questions) ให้นักเรียนตั้งคำถามแปลกๆ เกี่ยวกับกล่องกระดาษแข็งมาให้มากที่สุด

กิจกรรมที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผล (Just Suppose) ให้นักเรียนคาดคะเนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ที่สมมติขึ้นว่าจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง เขียนตอบมาให้มากที่สุด

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively With Pictures) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อมี 2 แบบคือแบบ ก และแบบ ข ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน โดยกำหนดสิ่งเร้าให้มีลักษณะคล้ายๆ กัน

2.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพแบบ ก ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 3 กิจกรรม คือ

กิจกรรมที่ 1 การวาดภาพ (Picture Construction) ให้นักเรียนต่อเติมภาพจากรูปวงรีที่กำหนดให้เป็นภาพที่แปลกใหม่พร้อมทั้งตั้งชื่อภาพที่วาดด้วย

กิจกรรมที่ 2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture Completion) ให้นักเรียนต่อเติมภาพเส้นในลักษณะต่างๆ ที่กำหนดให้จำนวน 10 ภาพ ให้ได้ภาพที่น่าสนใจมาให้มากที่สุด พร้อมทั้งตั้งชื่อภาพ

กิจกรรมที่ 3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Parallel Lines) โดยให้นักเรียนต่อเติมภาพจากเส้นขนาน จำนวน 30 คู่ ให้ได้ภาพที่แปลกมาให้มากที่สุด แล้วตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมด้วย

2.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพแบบ ข มีลักษณะคล้ายกับแบบทดสอบรูปภาพแบบ ก แตกต่างกันเฉพาะสิ่งเร้าที่กำหนดให้คือในกิจกรรมที่ 1 เป็นการวาดภาพโดยให้ต่อเติมภาพจากรูปคล้ายไส้กรอกสีส้ม กิจกรรมที่ 2 การวาดภาพให้สมบูรณ์โดยให้นักเรียนต่อเติมจากเส้นลักษณะต่างๆ ซึ่งต่างจากแบบ ก และกิจกรรมที่ 3 การใช้วงกลม (Circles) โดยให้เด็กต่อเติมภาพจากรูปวงกลม จำนวน 30 รูป แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance นั้นความเร็วในการทำแบบทดสอบเป็นตัวประกอบที่สำคัญ โดยแต่ละกิจกรรมใช้เวลา 5 – 10 นาที

Guilford (1988) สร้างแบบทดสอบความคล่องแคล่วขึ้น โดยแบบทดสอบนี้ Guilford และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้คิดขึ้นเพื่อวัดความคิดกระจาย (Divergent Thinking) โดยมุ่งวัดตัวประกอบในแต่ละเซลล์ตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งมี 3 มิติ คือ เนื้อหาที่คิด (Content) วิธีการคิด (Operation) และผลิตภัณฑ์แห่งความคิด (Product) ตามลำดับ เช่น DSU ซึ่งหมายถึงวิธีการคิดแบบผลิต จำแนกเนื้อหาที่คิดเป็นแบบสัญลักษณ์และผลิตภัณฑ์แห่งความคิดออกมาในรูปของหน่วย เป็นต้น แบบทดสอบความคล่องแคล่วของ Guilford ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 4 ชุด 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นทางด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ทางด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และเป็นโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและผู้ใหญ่

1. ความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Work Fluency, DSU) ให้เขียนคำประกอบด้วยอักษรที่กำหนดให้เช่น ป ปด ปัด ปาด เป็นต้น
2. ความคล่องแคล่วทางความคิด (Ideational Fluency, DMU) ให้เขียนชื่อสิ่งของที่อยู่ในพวกหรือประเภทเดียวกัน เช่น ของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซ แก๊สโซลีน และแอลกอฮอล์
3. ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (Associational Fluent, DMR) ให้เขียนคำต่างๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกับคำที่กำหนดให้เช่น หนัก ยาก แข็ง เป็นต้น
4. ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (Expressional Fluency, DSS) ให้เขียนประโยคประกอบคำด้วยคำสี่คำ ในแต่ละคำเริ่มต้นตัวอักษรที่กำหนดให้
5. การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (Alternate Uses, DMC) ให้บอกประโยชน์อย่างอื่นของสิ่งเฉพาะที่กำหนดให้มิใช่เป็นการใช้ประโยชน์ทั่วไป เช่น หนังสือพิมพ์ใช้ทำประโยชน์อย่างไรได้บ้าง
6. การสรุปผล (Consequence, DMU, DMC) ให้บอกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลเนื่องจากเหตุการณ์สมมติฐานที่กำหนดให้ เช่น ถ้าคนไม่จำเป็นต้องนอนพักผ่อนจะเกิดอะไรขึ้นบ้าง คนทำงานได้มากขึ้นไม่จำเป็นต้องใช้นาฬิกาปลุก
7. ประเภทของงานอาชีพ (Possible Job, DMI) ให้บอกรายชื่อของงานอาชีพต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำที่กำหนดให้เช่น หลอดไฟฟ้าวิศวกร ไฟฟ้า เจ้าของโรงงานทำหลอดไฟฟ้า
8. การวาดรูป (Making Objects, DFS) ให้วาดรูปสิ่งของเฉพาะโดยใช้เซทของรูปที่กำหนดให้เช่น รูปวงกลมและรูปสามเหลี่ยม เป็นต้น ในการวาดรูปสิ่งของรูปหนึ่งอาจใช้รูปที่กำหนดให้ซ้ำกันได้และเปลี่ยนแปลงขนาดได้แต่จะต้องไม่เติมรูปหรือเส้นอื่นๆ เพิ่มขึ้นอีก
9. การสเกตช์รูป (Sketches, DFU) ให้ต่อเติมให้เป็นรูปจากภาพร่างที่กำหนดไว้ เช่น วงกลม สามเหลี่ยม แล้วต่อเติมภาพให้สมบูรณ์และแตกต่างกันมากที่สุด
10. การแก้ปัญหา (Match Problem, DFT) จากโจทย์ที่กำหนดให้เช่น ปัญหาไม้ขีดไฟ ให้เอาจำนวนก้อนไม้ขีดไฟจำนวนหนึ่งออก โดยใช้ก้อนไม้ขีดไฟที่เหลือประกอบกันเป็นรูปสามเหลี่ยมจัตุรัส หรือรูปสามเหลี่ยมที่มีจำนวนรูปตามต้องการ
11. การตกแต่ง (Decorations, DFI) ได้ตกแต่งรูปวาดเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน

อารี พันธุ์ณี (2547) ได้กล่าวว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์มีจุดมุ่งหมายทางการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และพยายามศึกษาและพัฒนาตามลำดับโดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์ของเด็กซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ การสังเกตพฤติกรรมเป็นวิธีที่พ่อแม่ครูผู้ปกครอง สามารถใช้การสังเกตว่าครูและผู้ปกครอง สามารถใช้การสังเกตพฤติกรรมให้เป็นประโยชน์ได้เฉพาะบุคคลดังกล่าวใกล้ชิดและรู้จักเด็กดีกว่าบุคคลอื่นแต่มีข้อสังเกตว่าครูและผู้ปกครองควรทราบและเข้าใจพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ที่เด็กแสดงออกได้ถูกต้องมิฉะนั้นจะทำให้ผลการสังเกตผิดพลาดไปเพราะเท่าที่ปรากฏคือมักเข้าใจว่าเด็กมีสติปัญญาดีมีระเบียบวินัยและเชื่อฟังครูเป็นเด็กที่มีความคิดสร้างสรรค์

2. การวาดภาพ หมายถึง การให้วาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นการถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรมและสามารถสื่อสารความหมายได้สิ่งเร้าที่กำหนดให้อาจเป็นวงกลมสี่เหลี่ยมแล้วให้เด็กวาดต่อเติมให้เป็นภาพ

3. หยอดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูรอยหยดหมึกและคิดต่อจากภาพที่เด็กเห็นมักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษาพอโตเด็กอธิบายได้ดี

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนดและประเมินจากงานศิลปะของเด็กนักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่าเด็กวัยประถมศึกษามีความสำคัญยิ่งหรือจัดเป็นช่วงวิกฤตของการพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์เด็กมีความสนใจการเขียนสร้างสรรค์และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะ

5. แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐานซึ่งเป็นผลการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้งใช้ภาษาเป็นสื่อและการใช้ภาพเป็นสื่อเพื่อเราให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์แบบทดสอบมีกำหนดเวลาดำย

เกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งเป็น 4 ด้าน แต่ละด้านแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การวัดความคิดสร้างสรรค์

ประเด็นการประเมิน	คะแนน/ระดับคุณภาพ			
	4 คะแนน/(ดีมาก)	3 คะแนน/(ดี)	2 คะแนน/(พอใช้)	1 คะแนน / (ปรับปรุง)
1. ความคิดริเริ่ม	แก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง	ใช้วิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่	ใช้วิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยการผสมผสานและดัดแปลงจากความคิดเดิม	ใช้วิธีการเพื่อแก้ปัญหาโดยไม่มีความคิดแปลกใหม่

ประเด็นการประเมิน	คะแนน/ระดับคุณภาพ			
	4 คะแนน/(ดีมาก)	3 คะแนน/(ดี)	2 คะแนน/(พอใช้)	1 คะแนน / (ปรับปรุง)
2. ความคิดคล่อง	คิดหาวิธีการแก้ปัญหามากกว่า 2 วิธี ในเวลาที่กำหนด	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 2 วิธี ในเวลาที่กำหนด	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เพียง 1 วิธีในเวลาที่กำหนด	ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดยืดหยุ่น	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้	มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้ แต่ยังไม่เหมาะสมกับงาน	ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้
4. ความคิดละเอียดลออ	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้	มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดแต่ขาดความชัดเจน	ไม่มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิด

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

บุณรัตน์ จันทร (2558) ใช้กรอบแนวคิดของทอแรนซ์โดยให้คะแนนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คำตอบขึ้นไป	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 – 9 คำตอบ	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 – 6 คำตอบ	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 – 3 คำตอบ	จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้คำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม	จะได้ 4 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 – 5 กลุ่ม	จะได้ 3 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 – 3 กลุ่ม จะได้ 2 คะแนน

จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน จะได้ 4 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2 – 3 คน จะได้ 3 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4 – 6 คน จะได้ 2 คะแนน

คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7 – 9 คน จะได้ 1 คะแนน

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม (2563) ได้กำหนดเกณฑ์ประเมินความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ด้านคิดคล่องแคล่ว หากเป็นคำตอบที่ถูกต้องให้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่ หากเป็นคำตอบที่ผิด จะได้ 0 คะแนน และตอบคำถามให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

คำตอบมีความเป็นไปได้ 7 คำตอบขึ้นไป ให้ 4 คะแนน

คำตอบมีความเป็นไปได้ 5 – 6 คำตอบ ให้ 3 คะแนน

คำตอบมีความเป็นไปได้ 3 – 4 คำตอบ ให้ 2 คะแนน

คำตอบมีความเป็นไปได้ 1 – 2 คำตอบ ให้ 1 คะแนน

คำตอบไม่มีความเป็นไปได้หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2. ด้านคิดยืดหยุ่น คำตอบละ 1 คะแนนไม่ซ้ำกัน หากคำตอบซ้ำกันให้นับรวมเป็น 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

คำตอบมีความเป็นไปได้ 4 คำตอบขึ้นไป ให้ 4 คะแนน

คำตอบมีความเป็นไปได้ 3 คำตอบขึ้นไป ให้ 3 คะแนน

คำตอบมีความเป็นไปได้ 2 คำตอบขึ้นไป ให้ 2 คะแนน

คำตอบมีความเป็นไปได้ 1 คำตอบขึ้นไป ให้ 1 คะแนน

คำตอบไม่มีความเป็นไปได้หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

3. ด้านความคิดริเริ่ม จะมีการให้คะแนน ตามการตอบของนักเรียนที่ซ้ำกันบ่อยๆ เป็นรายข้อ ดังนี้

คำตอบซ้ำกับผู้อื่นได้ 13 คำตอบขึ้นไป ได้ 0 คะแนน

คำตอบซ้ำกับผู้อื่นได้ 9 – 12 คำตอบ ได้ 1 คะแนน

คำตอบซ้ำกับผู้อื่นได้ 5 – 8 คำตอบ ได้ 2 คะแนน

คำตอบซ้ำกับผู้อื่นได้ 1 – 4 คำตอบ ได้ 3 คะแนน

คำตอบไม่ซ้ำใคร ได้ 4 คะแนน

4. ด้านความคิดละเอียดลออ จะมีการให้คะแนนตามรายละเอียดของสิ่งที่คิดได้ และสามารถขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ขึ้นได้ รวมทั้งบอกรายละเอียดความเป็นไปได้ จากคำตอบของนักเรียนแต่ละคน ดังนี้

คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดไม่มีความเป็นไปได้หรือไม่ตอบคำตอบ ได้ 0 คะแนน

คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 1 – 2 คำตอบ	ได้ 1 คะแนน
คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 5 – 6 คำตอบ	ได้ 3 คะแนน
คำตอบหรือรายละเอียดที่คิดมีความเป็นไปได้ 7 คำตอบขึ้นไป	ได้ 4 คะแนน

และได้กำหนดเกณฑ์ตัดสินคุณภาพไว้ดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
13 – 16	ดีมาก
9 – 12	ดี
5 – 8	พอใช้
0 – 4	ปรับปรุง

หัตถ์สันเทียะ (2563) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดการคิดสร้างสรรค์ โดยวัดองค์ประกอบตามแนวคิดของกิลฟอร์ด 4 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว พิจารณาจากจำนวนคำตอบตามเงื่อนไขของข้อสอบแต่ละข้อ โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่ แต่ถ้าตอบไม่ตรงตามเงื่อนไข ตอบซ้ำกับของตนเองจะไม่ได้คะแนน

2. คะแนนความยืดหยุ่น ให้คะแนนโดยพิจารณาจากจำนวนกลุ่มหรือทิศทางของคำตอบโดยนำคำตอบทั้งหมดมาจัดเป็นกลุ่ม โดยหากมีทิศทางหรือความหมายอย่างเดียวกันนำมาจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน เมื่อเรียบร้อยแล้ว ให้นำจำนวนกลุ่ม โดยให้คะแนนกลุ่มละ 1 คะแนน กรณีที่ไม่สามารถจัดคำตอบลงในกลุ่มได้จัดไว้เรียบร้อยแล้วได้ ผู้ตรวจสามารถจัดกลุ่มขึ้นใหม่ได้อีก

3. คะแนนความคิดริเริ่ม ให้คะแนนโดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความถี่ของคำตอบที่ให้คะแนนคล่องแคล่วในการคิดของผู้สอบทั้งหมดที่สอบในครั้งเดียวกันโดยมีเกณฑ์ดังนี้

จำนวนคำตอบที่ซ้ำกัน	คะแนนที่ได้
12 % ขึ้นไป	0 คะแนน
6 – 11 %	1 คะแนน
3 – 5 %	2 คะแนน
2 %	3 คะแนน
ไม่เกิน 1 %	4 คะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ โดยนับจากจำนวนตำแหน่งของคำตอบที่มีการแต่งเติมและอธิบายรายละเอียดที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้ของคำตอบจุดละ 1 คะแนน

ชัยพัทธ์ นาคกุลบุตร (2565) กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค (Rubric) เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน

ตอบได้ตรงประเด็นถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 4 คะแนน

ตอบตรงประเด็นถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 3 คะแนน

ตอบตรงประเด็นถูกต้องร้อยละ 50 ขึ้นไปในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 2 คะแนน

ตอบตรงประเด็นถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 ในเวลาที่กำหนดจะได้รับ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้วจัดจำแนกได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท

จัดลักษณะประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างหลากหลายจะได้รับ	4 คะแนน
จัดลักษณะประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างหลากหลายเป็นส่วนใหญ่จะได้รับ	3 คะแนน
จัดลักษณะประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างหลากหลายได้เป็นบางส่วนจะได้รับ	2 คะแนน
จัดลักษณะประเภท กลุ่มคำตอบได้อย่างไม่หลากหลายจะได้รับ	1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง จะได้รับ 4 คะแนน

คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ จะได้รับ 3 คะแนน

คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนน้อย จะได้รับ 2 คะแนน

คิดแปลกใหม่แตกต่างจากเดิม ดัดแปลง ประยุกต์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเป็นส่วนน้อย จะได้รับ 1 คะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดในรายละเอียด เพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักให้มีความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นยิ่งในการสร้างผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์และถูกต้อง จะได้รับ 4 คะแนน

คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์ได้เป็นส่วนใหญ่ จะได้รับ 3 คะแนน

คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์เป็นบางส่วน จะได้รับ 2 คะแนน

คิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่ง หรือขยายความคิดหลักได้ความหมายที่สมบูรณ์เป็นส่วนน้อย จะได้รับ 1 คะแนน

จากการศึกษาเครื่องมือและการวัดความคิดสร้างสรรค์ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีหลายรูปแบบทั้งแบบวัดที่ใช้ภาษา รูปภาพ เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์โดยการสังเกตพฤติกรรม เขียนเรียงความ หรือใช้แบบทดสอบ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออโดยใช้เกณฑ์แบบวัดการคิดสร้างสรรค์ดัดแปลงมาจาก (หิสนันท์ เฟื่องสันเทียะ, 2563) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

ประเด็นการประเมิน	คะแนน				
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. ความคิดริเริ่ม	คำตอบซ้ำไม่เกินร้อยละ 1	คำตอบซ้ำร้อยละ 2	คำตอบซ้ำร้อยละ 3 - 5	คำตอบซ้ำร้อยละ 6 - 11	คำตอบซ้ำร้อยละ 12 ขึ้นไปหรือไม่ตอบ
2. ความคิดคล่อง	คำตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 4 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 3 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 2 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 1 คำตอบภายในเวลาที่กำหนด	ไม่ตอบเลย
3. ความคิดยืดหยุ่น	คำตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 4 กลุ่ม/ประเภท	คำตอบ 3 กลุ่มหรือ/ประเภท	คำตอบ 2 กลุ่ม/ประเภท	คำตอบ 1 กลุ่ม/ประเภท	ไม่ตอบเลย
4. ความคิดละเอียดลออ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้มากกว่าหรือเท่ากับ 4 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้ 3 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้ 2 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้ 1 คำตอบ	ไม่ตอบเลย

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Klopfer (1971) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากความสามารถทางสมองหรือด้านสติปัญญาของนักเรียนเมื่อผ่านการเรียนการสอนแล้ว ดังนี้ พฤติกรรมด้านความรู้ พฤติกรรมด้านความเข้าใจ พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

Good (1973) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเข้าถึงความรู้ (Knowledge attained) การพัฒนาทักษะในการเรียนซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมาย

นิยม ศรียะพันธุ์ (2541) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถของบุคคลเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอน

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยกว่าที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

ศิริชัย กาญจนวสี (2552) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์เป็นผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา แบบทดสอบจึงเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้สอนได้จัดขึ้นเพื่อการเรียนรู้นั้น สิ่งที่มีงวัดเป็นสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งอาจเป็นความรู้หรือทักษะบางอย่าง อันบ่งบอกถึงสถานภาพของการเรียนรู้ที่ผ่านมาหรือสภาพการเรียนรู้ที่บุคคลนั้นได้รับ จุดมุ่งหมายด้านพุทธิพิสัยของ Bloom

บุญชม ศรีสะอาด (2553) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นความรู้ความสามารถในด้านวิชาการที่ได้จากการเรียนรู้เนื้อหาสาระตามจุดประสงค์ของวิชานั้นๆ

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้วิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนด้านความรู้ ความเข้าใจหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

3.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Guskey (2007) ได้กล่าวว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีอยู่ 3 ตัวแปร คือ

1. พฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Entry Behaviors) หมายถึง ความรู้ความสามารถ และทักษะต่างๆ ของผู้เรียนที่มีมาก่อน

2. คุณลักษณะทางจิตใจ (Affective Entry Characteritons) แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากเรียนเกิดความอยากเรียนรู้ในสิ่งใหม่ๆ ได้แก่ ความสนใจในวิชาที่เรียนเจตคติต่อเนื้อหาวิชา

3. คุณภาพการเรียนการสอน (Quality of Instruction) หมายถึง ประสิทธิภาพการเรียนการสอนที่นักเรียนได้รับ ได้แก่ คำแนะนำการปฏิบัติและแรงเสริมของผู้สอนที่มีต่อผู้เรียน เป็นต้น

ปัญญาวิทย์ แจ่มกระจ่าง (2564) ในการจัดการเรียนการสอนจะเน้นพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมใน 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย (Cognitive domain) จิตพิสัย (Affective domain) และทักษะพิสัย (Psycho motor domain) ตามแนวคิดของ Smith & Piele (2006) ดังนี้

2.1 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย เป็นพฤติกรรมด้านความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลจำแนกได้ดังนี้

2.1.1 ความรู้ความจำ (Knowledge) คือความสามารถในการระลึกได้ถึงเรื่องราวต่างๆ ที่เคยมีประสบการณ์มาก่อน ซึ่งพฤติกรรมด้านนี้ยังจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ความรู้เฉพาะเรื่อง ความรู้ในวิธีดำเนินการ ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง

2.1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นผลจากการเอาความรู้จากประสบการณ์
ในชั้นความรู้ ความจำมาผสมผสานกัน ซึ่งความเข้าใจ มี 3 ลักษณะ คือ การแปลความ การตีความ
และการขยายความ

2.1.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่
เรียนมาแล้วไปแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หรือสถานการณ์ใหม่

2.1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถแยกแยะเรื่องราวต่างๆ ออกเป็น
ส่วนย่อย ทำให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจน การวิเคราะห์มี 3 ลักษณะ ได้แก่ การ
วิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ

2.1.5 การประเมิน (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินคุณค่าของแนวคิด
ได้ตรงตามจุดมุ่งหมายใดจุดมุ่งหมายหนึ่ง พร้อมกับสามารถแสดงเหตุผลที่ถูกต้องและเหมาะสม
สำหรับการตัดสินนั้นๆ

2.1.6 การสร้างสรรค์ (Creation) เป็นการนำเอาองค์ประกอบย่อยต่างๆ ตั้งแต่ 2 สิ่ง
ขึ้นไปมารวมกันเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน เพื่อให้เห็นโครงสร้างที่ชัดเจน แปลกใหม่ไปจากเดิม ส่งผลให้
เกิดผลลัพธ์ที่แปลกใหม่ มีคุณค่าและเป็นประโยชน์

2.2 พฤติกรรมด้านจิตพิสัย เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้สึกรู้สึกนึกคิดทางจิตใจ อารมณ์ และ
คุณธรรมของบุคคล สามารถจำแนกเป็น 5 ระดับ คือ

2.2.1 การรับรู้ (Receiving of attending) มีลักษณะการตอบสนอง 3 ลักษณะ คือ
การยอมรับ การตั้งใจที่จะรับรู้ และการเลือกสิ่งเร้าที่ต้องการรับรู้

2.2.2 การตอบสนอง (Responding) เป็นพฤติกรรมที่ต่อเนื่องจากความตั้งใจที่จะ
รับรู้ แต่มีความปรารถนาหรือปฏิกิริยาที่จะโต้ตอบต่อสิ่งเร้านั้นอย่างเต็มใจ และเกิดความพึงพอใจ
พฤติกรรมขั้นนี้จำแนกเป็น 3 ลักษณะ คือ การยินยอมที่จะตอบสนอง ความเต็มใจที่จะตอบสนอง
และความพอใจในการตอบสนอง

2.2.3 การสร้างคุณค่า (Valuing) เป็นขั้นที่บุคคลมองเห็นคุณค่าของการตอบสนอง
ต่อสิ่งเร้าหรือประสบการณ์ที่ได้ ขั้นนี้มีพฤติกรรมการแสดง 3 ลักษณะ ได้แก่ การยอมรับในคุณค่า การ
นิยมชมชอบในคุณค่า และการสร้างคุณค่า

2.2.4 การจัดระบบคุณค่า (Organization) หลังจากทีบุคคลได้สร้างค่านิยมของตน
ขึ้นมาแล้ว ก็พยายามนำค่านิยมนั้นมาจัดระบบให้เกิดเป็นระบบระเบียบมากขึ้น ลักษณะการจัดระบบ
คุณค่ามี 2 ลักษณะ คือ การสร้างความคิดรวบยอดของคุณค่า และการจัดระบบของคุณค่า

2.2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (Characterization by a value complex) เป็นการ
จัดระบบคุณค่าที่มีอยู่ในตัวเข้าเป็นระบบที่ถาวร ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมแสดงของบุคคล
ไม่ว่าจะอยู่ในสถานการณ์ใด ก็จะแสดงพฤติกรรมตามค่านิยมที่ยึดถือ การสร้างลักษณะนิสัย มี 2
ลักษณะ คือ การสร้างลักษณะนิสัยชั่วคราว และการสร้างลักษณะนิสัยถาวร

2.3 พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความสามารถเชิงปฏิบัติการ
พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย จำแนกเป็น 5 ระดับ คือ

2.3.1 การรับรู้ (Perception) เป็นขั้นที่แสดงอาการรับรู้ที่จะเคลื่อนไหว โดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ หู ตา จมูก ลิ้น และสัมผัสทางกาย แม้จะมีสิ่งเร้าเข้ามากระตุ้น โดยผ่านทางประสาทสัมผัสพร้อมๆ กัน ก็อาจเลือกที่จะรับรู้ มีการแปลความหมายสิ่งเร้าเพื่อตอบสนอง

2.3.2 การเตรียมพร้อม (Set) เป็นสภาพของบุคคลที่พร้อมจะแสดงพฤติกรรมออกมาสภาพความพร้อม มี 3 ด้าน คือ ความพร้อมด้านร่างกาย ด้านสมอง และด้านอารมณ์

2.3.3 การตอบสนองตามแนวทางที่กำหนดให้ (Guided response) เป็นการแสดงออกในลักษณะของการเลียนแบบและการลองผิดลองถูก

2.3.4 ความสามารถด้านกลไก (Mechanism) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้กระทำตามที่เรียนมาและพัฒนาขึ้นมาจนมีสัมฤทธิ์ผล สามารถสร้างเทคนิควิธีสำหรับตนเองขึ้นมาเพื่อปฏิบัติต่อไป

2.3.5 การตอบสนองที่ซับซ้อน (Complex overt response) เป็นความสามารถในการปฏิบัติในสิ่งที่ยุ่ยากซับซ้อนมากขึ้น และสามารถกระทำได้อย่างมั่นใจ ไม่ลังเลและทำได้ดีจนเป็นอัตโนมัติ

จากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้วิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย ด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ พฤติกรรมด้านความรู้ ทั้งความรู้ ความสามารถ และทักษะพิสัย ได้แก่ ทักษะต่างๆ ของผู้เรียน ความสนใจต่อเนื้อหาที่เรียน และจิตพิสัย ได้แก่ เกี่ยวกับความรู้สึกรักนึกคิดทางจิตใจ และอารมณ์

3.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สิริพร ทิพย์คง (2545) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective of Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และเขียนข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก – ผิด (True – False Test) คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก – ผิด ใช่ – ไม่ใช่ จริง – ไม่จริง เหมือนกัน – ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ไม่สมบูรณ์แล้วให้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำแต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนั้นจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้พิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน

พิศิษฐ์ ตัณชวณิช (2557) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลตามพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการทำการวัดและประเมินมีดังนี้

1. การจำ (Remembering) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาไว้ในสมอง พฤติกรรมการเรียนรู้ในส่วนนี้มุ่งวัดความสามารถในการจัดเก็บข้อความ (Retention) ไว้ในตัวผู้เรียน สามารถแยกย่อยได้เป็น 2 ส่วน คือ

1.1 การจำได้ (Recognizing) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจดจำสาระต่างๆ ในลักษณะของการระบุแยกได้ว่า สิ่งเร้าที่เข้ามากระตุ้นตานั้น หมายถึงหรือมีความหมายว่าอย่างไร

1.2 การระลึกได้ (Recalling) หมายถึง การที่บุคคลสามารถย้อนระลึกนึกไปถึงสาระต่างๆ ที่ตนเคยประสบมาโดยไม่มีสิ่งเร้าใดๆ มาเป็นตัวช่วยกระตุ้นความจำทันทีในขณะนั้นเป็นส่วนความจำระยะยาวในสมองของนักเรียน

2. ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสื่อสารข้อความที่ตนได้รับรู้มาให้บุคคลอื่นได้รับทราบถึงข้อความรู้นั้นด้วยวิธีการสื่อสารที่เป็นของตนเอง โดยอาจนำเสนอเป็นถ้อยคำ ภาษาเขียน ท่าทาง สัญลักษณ์ รูปภาพหรือวิธีการอื่นใดด้วยวิธีการที่เป็นของตนเอง ความเข้าใจถือได้ว่าเป็นจุดตั้งต้นของพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัยที่กระบวนการจัดการศึกษาคาดหวังว่าควรเกิดขึ้นกับผู้เรียน พฤติกรรมของความเข้าใจเน้นตรงการที่ผู้เรียนต้องสามารถสื่อความหมายของสารบทเรียนที่ตนได้รับรู้มา ให้ปรากฏออกในลักษณะของการสื่อสารในลักษณะต่างๆ เพื่อถ่ายทอดสาระที่ตนรับรู้ได้ไปยังบุคคลซึ่งเป็นผู้รับให้สามารถรับสารดังกล่าวได้อย่างถูกต้องตรงตามความหมายของสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความเข้าใจแบ่งออกได้เป็น 7 ส่วนย่อย คือ

2.1 การตีความ (Interpreting) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสื่อความหมายเรื่องใดเรื่องหนึ่งในรูปแบบใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิมแต่คงความหมายเท่าเดิม เช่น อาจเปลี่ยนแปลงจากถ้อยคำเป็นถ้อยคำใหม่ ถ้อยคำเป็นสัญลักษณ์ สัญลักษณ์เป็นถ้อยคำ ถ้อยคำเป็นภาพหรือภาพเป็นถ้อยคำ เป็นต้น

2.2 การยกตัวอย่าง (Exemplifying) หมายถึง ความสามารถที่บุคคลยกตัวอย่างหรือกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับสิ่งที่เรียนรู้มาเพื่อให้บุคคลอื่นรับรู้ได้

2.3 การจัดประเภท (Classifying) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจัดประเภทสิ่งของปรากฏการณ์ใดๆ ตามเกณฑ์การจัดประเภทที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

2.4 การสรุปความ (Summarizing) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจัดหาข้อความสั้นๆ เพื่อแทนถ้อยคำหรือสาระเรื่องราวใดๆ ที่มีจำนวนมากๆ โดยคงเนื้อความเดิมที่สำคัญไว้

2.5 การอ้างอิง (Inferring) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจับรูปแบบหรือแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้และใช้รูปแบบหรือแบบแผนดังกล่าวในการอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นการเพิ่มเติม

2.6 การเปรียบเทียบ (Comparing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถจับประเด็นเทียบเคียงความเหมือนและความแตกต่างของวัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมใดๆ จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ในภาวะสามารถเทียบเคียงกันได้

2.7 การอธิบาย (Explaining) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะถ่ายทอดเรื่องราวปรากฏการณ์ เหตุการณ์หรือความเห็นใดๆ ให้บุคคลอื่นได้รับรู้โดยวิธีการสื่อสารทางใดทางหนึ่ง เช่น การพูด การเขียน การใช้ท่าทาง หรือภาษาสัญลักษณ์ โดยการนำเสนอถ่ายทอดดังกล่าวนั้น โดยผู้นำเสนอใช้วิธีการถ่ายทอดที่เป็นของตนเอง

3. การปรับใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่ตนได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ตนต้องเผชิญหรือในชีวิตจริง ทั้งนี้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเป็นสถานการณ์ที่มีความใหม่หรือต่างไปจากเดิม (หากสถานการณ์ที่กำหนดหรือเกิดขึ้นเป็นสถานการณ์ที่บุคคลคุ้นเคยเป็นอย่างมาก ก็จะเป็นลักษณะของพฤติกรรมประจำและความรู้ที่เป็นขั้นตอนการดำเนินการ) การปรับใช้แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

3.1. การลงมือกระทำตามขั้นตอน (Executing) หมายถึง การกระทำที่บุคคลลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาใดๆ ไปตามขั้นตอนการดำเนินการที่ตนเรียนรู้มา โดยมีลักษณะบางส่วน of ปัญหาที่ผู้เรียนคุ้นเคย (Familiar Task) มาก่อน ลักษณะการดำเนินการมุ่งเน้นไปในทางด้านทักษะและโครงสร้างขั้นตอนการดำเนินการ (Skills and Algorithms) เป็นสำคัญ

3.2 การประยุกต์ (Implementing) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่คิดดำเนินการแก้ปัญหาที่ตนต้องประสบโดยปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ตนไม่คุ้นเคย (Unfamiliar Tasks) หรือมีลักษณะบางส่วนแตกต่างไปจากสภาพบทเรียนที่ตนเคยเรียนรู้มา และสภาพการแก้ปัญหาดังกล่าวไม่มีแบบแผนของคำตอบที่แน่นอนตายตัวหรืออาจมีแบบแผนการแก้ปัญหาที่มากกว่าหนึ่งแบบ แต่วิธีการที่เลือกนำเสนอสมควรจะต้องเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และสามารถดำเนินการได้จริง (Effectiveness, Efficiency and Affordability)

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะพิจารณาแยกแยะ เรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใดๆ แล้วสามารถหยั่งถึงเบื้องหลัง ความเป็นมาเป็นไปหรือส่วนประกอบที่เป็นรายละเอียดที่ประกอบด้วยกันเข้าเป็นสิ่งนั้น โดยการพิจารณาดังกล่าวเกิดจากบุคคลใช้ปัญญาของตนคิดหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเองโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ตนสามารถ รับรู้ได้ การวิเคราะห์ เป็นความสามารถด้านสมองที่มีความจำเป็นมากในกรณีที่ต้องการสอนให้คนรู้จักคิด รู้จักหาเหตุผลมาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแยกย่อยได้เป็น 3 ลักษณะ

4.1 การชี้ระบุลักษณะสำคัญ (Differentiating) หมายถึง การที่บุคคลสามารถระบุเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใดๆ ที่มุ่งศึกษานั้นว่า มีสาระใดบ้างเป็นส่วนสำคัญ หรือการชี้ระบุประเด็นที่สำคัญของสิ่งนั้นให้เห็นได้ชัดเจน

4.2 การชี้ระบุมความสัมพันธ์ (Organizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของเรื่องราว ปรากฏการณ์หรือการใช้เหตุผลใดๆ ว่าสิ่งดังกล่าว นั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

4.3 การชี้ระบุคุณสมบัติภายใน (Attributing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถสามารถหยั่งเห็นถึงแนวคิด เจตนา หรือความตั้งใจที่ซ่อนอยู่ภายในของปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้น

5. การประเมิน (Evaluating) หมายถึง การลงข้อตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าให้กับกิจกรรม สิ่งของ การกระทำ หรือปรากฏการณ์ใด ๆ ไปตามเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้ การประเมินจะเกิดขึ้นนั้นต้องเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่า ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย

5.1 การตรวจสอบ (Checking) หมายถึง การพิจารณาว่า ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมใดๆ กับผลลัพธ์ที่ได้ หรือขั้นตอนการดำเนินงานนั้นๆ มีความสอดคล้องคงที่ภายในหรือไม่ รวมทั้งมีคุณสมบัติหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่

5.2 การลงข้อตัดสิน (Critiquing of Judging) หมายถึง การลงข้อประเมินให้กับผลิตหรือกระบวนการใด ๆ ว่าเป็นไปตามเกณฑ์และมาตรฐานภายนอกที่ได้รับการกำหนดล่วงหน้าหรือไม่อย่างไร

6. การสร้างสรรค์ (Creating) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะคิด พัฒนา ประดิษฐ์ สร้างหรือจัดกระทำสิ่งใหม่ๆให้เกิดขึ้น โดยผลงานดังกล่าวนั้นเกิดความคิดของตัวผู้สร้างเอง โดยมีได้ลอกเลียนงานของบุคคลใดๆ มาในลักษณะของการลอกทั้งชิ้นงาน หรือการสร้างสรรค์ หมายถึงการนำเอาสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นส่วนย่อยมาผูกพันประสานให้เกิดขึ้นเป็นผลงานชิ้นใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งสามารถแยกย่อยได้เป็น 3 ส่วนย่อย

6.1 การจัดกระทำใหม่ (Generating or Hypothesizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถให้ข้อเสนอแนะ ชี้แนะในแนวทางการพัฒนา สร้างสรรค์หรือเห็นแนวทาง ขั้นตอนในการจัดกระทำใหม่ให้กับปัญหาหรือ ขั้นตอนการดำเนินการใด ๆ ที่มีอยู่ โดยอาศัยแนวทางพื้นฐานวิธีการเดิมที่มีอยู่เป็นฐานและแนวคิดในการแก้ไข พัฒนาต่อยอดเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่แตกต่างออกไปจากเดิม

6.2 การวางแผน (Planning) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการจัดลำดับขั้นตอนหรือสามารถกำหนดสิ่งที่จะต้องดำเนินการ เพื่อแก้ปัญหาหรือกระทำการบางอย่างให้ลุล่วงไป เพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการในกาลข้างหน้า

6.3 การสร้างและพัฒนา (Producing) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการที่ใช้ความสามารถทางสมองของตนในการคิดค้น เขียน สร้าง วาด หรือพัฒนาสิ่งใหม่ให้เกิดขึ้น โดยการกระทำดังกล่าว ผู้สร้างใช้ความสามารถความคิดของตนเองเป็นสำคัญ มิได้เกิดจากการลอกหรือเลียนแบบผลงานของบุคคลอื่นมาทั้งหมด หรือลอกมาแทบทุกส่วน

จากการศึกษาการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การปรับใช้ การประเมิน การสร้างสรรค์ สามารถทดสอบโดยใช้แบบทดสอบอัตนัย กาลูก ผิด แบบเติมคำ จับคู่ เลือกตอบ หรือตอบแบบสั้นๆ และไม่ใช้แบบทดสอบ

เช่น การสังเกต การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ

4. แนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งใช้ในการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงานได้ ไม่เน้นแค่การท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติจริงควบคู่กับการพัฒนาการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ รวมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

สนธิ พลชัยยา (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน หรือที่เรียกว่าสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นคำย่อที่มาจากคำว่า Science Technology Engineering and Mathematics Education

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (2561) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การบูรณา 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ไปแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อสร้างชิ้นงาน

4.2 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทรราชัย (2556) STEM Education มีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าขีดความสามารถของประเทศไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งหลายๆ ด้านดังที่เคยเป็นมา ในขณะที่หลายๆ ประเทศทั่วโลกมีความก้าวหน้าไปมาก โดยพบว่าผลการทดสอบโครงการประเมินผล

นักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) และทดสอบด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ของสหรัฐอเมริกาต่ำกว่าหลายประเทศ คณะนักวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษาในปี ค.ศ. 2006 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2003 รวมทั้งรายงานของ Phi Delta Kappan ที่ประเมินว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำที่สุดในโจทย์แก้ปัญหา นอกจากนี้ นักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ลดจำนวนลง ประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมเองก็มีจำนวนน้อยลงเช่นกัน ผลการศึกษาระบุว่า ประชากรระดับคุณภาพที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์และกำลังทำงานนั้นส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติมากกว่าเป็นชาวอเมริกาเอง นั่นหมายถึงการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้น นโยบายการศึกษาแบบ STEM Education จึงเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยคาดว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบต่างๆ เช่น PISA ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพและส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่นๆ ซึ่งในการนำนโยบายลงสู่การปฏิบัตินั้นพบว่ารัฐบาลได้ทุ่มเทงบประมาณด้าน STEM Education มาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว นอกจากนี้ยังมีการประกาศใช้แผนการศึกษา Education to Innovate เพื่อเร่งกระตุ้นให้ STEM Education เป็นรูปธรรมและประสบผลสำเร็จ มีการใช้กลยุทธ์ต่างๆ เช่น การประกาศแผนการสร้างกลุ่มครูต้นแบบในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยเรียกว่า STEM Master Teaching Corps ซึ่งนักการศึกษาเหล่านี้จะเป็นผู้นำในการศึกษาด้าน STEM Education จะเป็นผู้ริเริ่มจุดประกายความคิดให้นักเรียนและช่วยให้กลุ่มสังคมของพวกเขาเจริญเติบโตมากขึ้น นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ในประเทศอื่นๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจ STEM Education เช่นกัน เช่น ในประเทศจีน อินเดีย ฯลฯ โดยในปี 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก โดยจำนวนบัณฑิตที่จีนจะผลิตนั้นมีจำนวนเกินครึ่งของที่ทุกประเทศรวมกันผลิต ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของสถานการณ์ Education

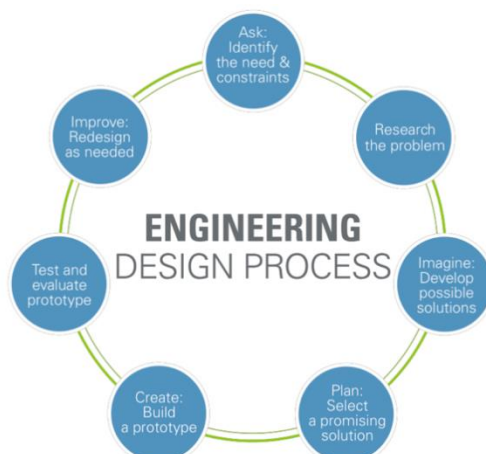
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2556) กรอบแนวคิดและนวัตกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์หรือที่บัญญัติศัพท์ว่าสะเต็ม (Science, Technology, Engineering and Mathematics, STEM) ซึ่งเป็นแนวคิดในการเร่งรัดพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมของสังคมและประเทศ โดยเป็นที่ยอมรับและตระหนักในความสำคัญอย่างกว้างขวาง องค์ความรู้และกรอบแนวคิดสะเต็มจึงนับว่าเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ประเทศใดที่ประชากรมีระดับพื้นฐานความรู้สะเต็มอยู่ในระดับสูงจะส่งผลให้ประเทศนั้นมีความได้เปรียบด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นประเทศต่างๆ ได้เริ่มส่งเสริมให้มีการพัฒนาการเรียนการสอนสะเต็ม เป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ศึกษาในศตวรรษที่ 21 คำว่า “สะเต็ม” เป็นคำทับศัพท์ที่มาจากภาษาอังกฤษ “STEM” ซึ่งเป็นชื่อย่อของศาสตร์หรือสาขาวิชาการทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดย Oxford Dictionary ได้ให้ความหมายว่า STEM เป็นคำย่อเชิง

วิชาการที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนที่ใช้ความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาความหมายของแต่ละศาสตร์มีคำอธิบายดังนี้

1. S ย่อมาจากคำว่า Science หรือวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาหลักของหลักสูตรการศึกษาในหลายๆ ประเทศโดยเฉพาะระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์ยังหมายรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดขึ้นเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความเป็นไปของธรรมชาติสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา เนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

2. T ย่อมาจาก Technology หรือเทคโนโลยี หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นจากพื้นฐานความเป็นธรรมชาติของสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งมักจะทำให้มนุษย์มีความสะดวกสบายหรือปลอดภัยมากขึ้น เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยเทคโนโลยี มีนัย 3 ประการ 1) เทคโนโลยีในฐานะศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นความรู้และแนวปฏิบัติเพื่อออกแบบ และนำเทคโนโลยีไปใช้ 2) เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะ และ 3) เทคโนโลยีด้านการจัดการเรียนการสอน โดยไม่ว่าจะมองจากนัยใด เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมักจะต้องผ่านกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Technological design หรือ Technological design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3. E ย่อมาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการประยุกต์ความรู้ ทักษะกระบวนการและความเชี่ยวชาญในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคมและการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มจึงหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการ มากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่างๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือสร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์เป็นแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่สำคัญๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสู่การออกแบบ การแก้ปัญหา การสร้าง การจำลอง จนพัฒนาเป็นเครื่องมือ วิธีคิด ระบบ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ตึก สะพาน เขื่อน เป็นต้น ในการศึกษาในระดับขั้นพื้นฐาน วิศวกรรมศาสตร์ถือว่าการเตรียมเยาวชนเพื่อการเป็นวิศวกรหรือการคิดอย่างนักวิศวกรในอนาคตซึ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ วิศวกรรมศาสตร์ไม่ได้เป็นวิชาหลักที่ปรากฏในหลักสูตรระดับการศึกษาทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย แต่จะเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ และสามารถใช่วิธีการได้อย่างหลากหลายในการพัฒนานวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ๆ ทั้งในการทำงานและชีวิตประจำวัน เป้าหมายของการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบหรือแก้ปัญหา และเรียนรู้ว่าจะออกแบบหรือแก้ปัญหาอย่างไร กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: Teach Engineering. (2016). Engineering Design Process. Retrieved from <https://www.teachengineering.org/populartopics/designprocess>

4. M ย่อมาจากคำว่า Mathematics หรือคณิตศาสตร์ หมายถึง ภาษาของจำนวน รูปร่าง และปริมาณ คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สำคัญอย่างยิ่งวิชาหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม การเรียนรู้คณิตศาสตร์มี 3 เรื่องหลัก 1) กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical thinking) ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจคิดรวบยอด ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ และ 3) การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher -Level Mathematical Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (2561) ได้กล่าวว่าสะเต็มศึกษาในประเทศไทยปัจจุบันอันดับความสามารถในการแข่งขันของไทยยังปรับตัวช้าเมื่อเทียบกับหลายประเทศ จากปัญหาด้านคุณภาพคน คุณภาพของโครงสร้างพื้นฐาน และขาดการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนา ดังนั้นแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 จึงเน้นดำเนินการในทุกด้านเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศ เช่น การพัฒนาผู้ประกอบการให้เป็นผู้ประกอบการทางเทคโนโลยี (Technopreneur) การพัฒนาและยกระดับโครงสร้างพื้นฐานให้ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างและพัฒนาบุคลากรในสาขาสะเต็ม และการสนับสนุนการดำเนินงานอย่างเป็นเครือข่ายระหว่างสถาบันวิจัย สถาบันการศึกษา ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน/ชุมชนด้วยการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา การพัฒนากำลังคนที่มีทักษะด้านสะเต็ม รวมถึงการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพสำหรับกำลังคนด้านสะเต็ม สำหรับกลไกการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในประเทศไทยตามแนวนโยบายสะเต็มศึกษาแห่งชาติอาศัยเครือข่ายอุดมศึกษาในการยกระดับคุณภาพการศึกษา โดยเป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนและการวัดผลให้สอดคล้องกับแนวทางสะเต็มศึกษา การจัดเนื้อหาให้เชื่อมโยงกับการ

ประกอบวิชาชีพโดยให้ภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วม รวมถึงการสร้างความตระหนักในการพัฒนาสังคมไทยให้เป็นสังคมวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความเป็นมาของสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า STEM Education มีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกานอกจากนี้นักเรียน นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง ประชากรวัยทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี รวมถึงด้านวิศวกรรมศาสตร์ก็มีจำนวนลดลงเช่นกัน แสดงให้เห็นถึงการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา จึงมีนโยบายการศึกษาแบบ STEM Education ซึ่งเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาได้ ซึ่ง STEM เป็นชื่อย่อของศาสตร์หรือสาขาวิชาทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ สำหรับการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในประเทศไทยในการยกระดับคุณภาพการศึกษาตามแนวนโยบายสะเต็มศึกษาแห่งชาติ เป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนและการวัดผลให้สอดคล้องกับแนวทางสะเต็มศึกษา การจัดเนื้อหาให้เชื่อมโยงกับการประกอบวิชาชีพตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ดังนั้นองค์ความรู้และกรอบแนวคิดสะเต็มจึงนับว่าเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

4.3 ลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ในชั้นเรียนไว้ดังนี้

แนวทางที่ 1 จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มที่จะนำไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียนโดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมเป็นเกณฑ์หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้นๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มเข้าไปใช้ในการเรียนการสอนได้

แนวทางที่ 2 จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่างๆ โดยการสอนรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงการและเหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก แต่มีข้อดีคือผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียน ได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา ออกแบบ และสร้างชิ้นงานของผู้เรียนได้

แนวทางที่ 3 จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่างๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้ มักเป็นกิจกรรมสะเต็มที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหา เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่องโดยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) คือการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้นี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

ระดับที่ 2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

ระดับที่ 3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

ระดับที่ 4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ Theme ของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียนได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ความรู้เดิมของนักเรียน

ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ (2558) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ทำทลายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหา

4 วิชา

ระดับบูรณาการที่อาจจะเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้ 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมี หัวข้อหลักที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นการจัดการ เรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่างๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหา และฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาพร้อมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงาน ร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเอง โดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียน เชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับ ชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือ สังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจ หรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุ ปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษา นั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่ นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และ 3) ความรู้เดิมของนักเรียน

อัลดูลยามีน หะยีซาเดร์และคณะ (2562) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำ ความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นรวมทั้งการพัฒนา กระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้และทักษะพื้นฐานในการ ดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต ผ่านการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

จากการศึกษาลักษณะการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า การ จัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มเป็นการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง ผ่านกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมในการระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงชิ้นงาน และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

4.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้เสนอแนวทางเกี่ยวกับบทบาทของ ผู้สอนและบทบาทผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. บทบาทของผู้สอน

1.1 ผู้สอนต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ

1.2 ผู้สอนต้องเตรียมพร้อมล่วงหน้าเป็นอย่างดี ในเรื่องความรู้ที่นำมาสอนลำดับการถ่ายทอดความรู้ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมสำหรับให้ผู้เรียนทำกิจกรรม

1.3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ต้องคอยตั้งคำถามที่สร้างความสนใจให้ผู้เรียนและนำไปสู่การอภิปรายข้อมูลได้ และต้องเป็นคำถามที่เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละวัย

1.4 ผู้สอนต้องคอยตั้งคำถามที่นำไปสู่การคิด วิเคราะห์ เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงาน

1.5 ผู้สอนต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ในข้อมูลของแต่ละสาขาวิชาที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันได้

2. บทบาทของผู้เรียน

2.1 ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม

2.2 ผู้เรียนต้องแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นกันในกลุ่ม และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.3 ผู้เรียนต้องเรียนรู้ปัญหา ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา การวางแผน การศึกษาข้อมูลการออกแบบ การคำนวณ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

2.4 ผู้เรียนต้องลงมือสืบค้นข้อมูล และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และนำความรู้ที่ได้มาใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกแนวทางการแก้ไข้ปัญหา และวิธีการในการแก้ไข้ปัญหา

2.5 ผู้เรียนต้องฝึกสังเกต ตั้งคำถาม ลงมือทดสอบผลงานที่สร้างเอง และปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร (2564) กล่าวถึงบทบาทของครูและบทบาทนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นระบุปัญหา	1. กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน และให้นักเรียนหาวิธีการสร้างหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา 2. จัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการจัดกิจกรรม	1. ทำความทำความเข้าใจสถานการณ์ ปัญหาที่ ครู กำหนดให้เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา 2. ทำความเข้าใจสถานการณ์ ปัญหาเพื่อระบุเกณฑ์ และข้อจำกัด
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. แนะนำแหล่งข้อมูลให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า 2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติ การทดลองเพื่อให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จำเป็น	1. สืบค้น รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อการสร้างผลงาน 2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้หรือปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ได้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	<p>สำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา</p> <p>3. ตรวจสอบข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น รวมถึงข้อมูลที่นักเรียนได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้</p>	<p>ข้อมูลสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา</p>
<p>3. ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</p>	<p>1. กระตุ้นนักเรียนเป็นรายกลุ่มหรือรายบุคคลให้ออกแบบการแก้ปัญหา</p> <p>2. ตรวจสอบความเป็นไปได้ของแต่ละวิธีการแก้ปัญหานักเรียนคิด</p>	<p>1. นักเรียนในแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อคิดออกแบบในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหานานาหลายนำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา</p>
<p>4. ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา</p>	<p>1. ตรวจสอบความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาคือดีที่สุดที่นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้</p> <p>2. สังเกตการณ์ปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม</p> <p>3. เป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม</p> <p>4. ดูแลความเรียบร้อยในการปฏิบัติงานของนักเรียน</p> <p>5. กระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน</p>	<p>1. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาคือดีที่สุด สอดคล้องกับข้อจำกัดและมีความเป็นไปได้ที่จะบรรลุตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้</p> <p>2. นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์</p> <p>3. เขียนบันทึกผลในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงานลงในแบบบันทึกกิจกรรม</p>
<p>5. ชั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน</p>	<p>1. จัดสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อให้นักเรียนสามารถทดสอบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ได้</p> <p>2. ประเมินผลการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม</p> <p>3. ให้คำแนะนำนักเรียนในการทดสอบและปรับปรุงวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์</p>	<p>1. นำวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นตัวต้นแบบ มาทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ครูได้จัดเตรียมไว้</p> <p>2. สังเกตข้อดีและข้อบกพร่องของวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ดีขึ้น</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	1. จัดหาโอกาสและเวลาสถานที่ เพื่อให้ นักเรียนได้ นำเสนอผลงาน 2. ร่วมฟังและให้คำแนะนำในการอภิปรายสะท้อนผลการปฏิบัติงานของนักเรียน	1. ออกแบบการนำเสนอและผลิตสื่อนำเสนอ 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงาน

ปฎิมา ชุมร่า (2565) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ เป็นผู้เตรียมข้อมูล อุปกรณ์ในการจัดการเรียนรู้ต่างๆ ให้พร้อม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติจนเกิดการสร้างองค์ความรู้และทักษะสำคัญต่างๆ ด้วยตนเอง นอกจากนี้แล้วผู้สอนยังต้องคอยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดทักษะกระบวนการต่างๆ ผ่านการตั้งคำถาม หรือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัยในสถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ส่วนผู้เรียนจะต้องค้นคว้าข้อมูลจนเกิดเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ อย่างกระตือรือร้นและตั้งใจ เพราะในแต่ละขั้นของกระบวนการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการต่างๆ จนเกิดการพัฒนาเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาบทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า ครูคอยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดทักษะกระบวนการต่างๆ ผ่านการตั้งคำถามหรือเกิดข้อสงสัยในสถานการณ์ปัญหา รวมถึงเป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ในการจัดการเรียนรู้ต่างๆ ให้พร้อมในการจัดการเรียนการสอน ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ อย่างกระตือรือร้น ในแต่ละขั้นของกระบวนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังตารางที่ 5 ดังนี้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ระบุปัญหา	กำหนดสถานการณ์ปัญหา	ทำความเข้าใจสถานการณ์และระบุปัญหา
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	แนะนำแหล่งข้อมูลในการค้นคว้า และตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น	สืบค้น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ตรวจสอบความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. ดำเนินการแก้ปัญหา	กระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม และให้คำแนะนำในการทำกิจกรรม	นักเรียนลงมือดำเนินการแก้ปัญหาในการสร้างชิ้นงานและบันทึกผลการทำกิจกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5. ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงาน	ประเมินผลและให้คำแนะนำในการปรับปรุงชิ้นงาน	ทดสอบชิ้นงานและปรับปรุงชิ้นงาน
6. นำเสนอวิธีแก้ปัญหา	รับฟังและให้คำแนะนำจากการทำกิจกรรม	นำเสนอและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทำกิจกรรม

4.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว (2558) ได้อธิบายข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาต่อประเทศและผู้เรียนในสังคมต่างๆ ดังนี้

1. สะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมความเท่าเทียมทางการศึกษา เนื่องจากมีข้อมูลที่ได้รับ การพิสูจน์แล้วว่าตลอดระยะเวลามากกว่า 25 ปีที่ผ่านมา ระบบการศึกษาโดยทั่วไปจะส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เนื่องจากแนวคิดของเนื้อหาในรายวิชาต่างๆ จะเน้นที่เป็นภาคทฤษฎีมากกว่า (Verbal Concepts) แต่สะเต็มศึกษาได้รับการออกแบบมาโดยมีเป้าหมาย การสอนให้เกิดความเท่าเทียมกันทั้งสองเพศโดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการเป็นสมาชิกของสังคมที่ ประสบความสำเร็จ

2. สะเต็มศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาหลักได้มากขึ้นจากการบูรณาการ เนื้อหา ทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันทั้ง 4 รายวิชาเข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวมแทนการเรียนรู้ แบบแยกส่วน ซึ่งความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้เป็นสิ่งจำเป็นใน การศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยผู้เรียนที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทางด้าน STEM นั้นมีโอกาสเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและโอกาสในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM สูงโดยที่มีการคาดการณ์กันว่าประมาณร้อยละ 80 ของอาชีพในทศวรรษหน้าจะเป็นอาชีพที่ เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

3. สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System Thinking) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนักนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์และ กระบวนการใหม่ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งนวัตกรรมที่ เกิดขึ้นล้วนมีพื้นฐานมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการเรียนรู้เนื้อหาด้าน STEM ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งช่วยพัฒนา คุณลักษณะ ค่านิยม (Habits of Mind) ที่พึงประสงค์สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นสำหรับทศวรรษที่ 21 สอดคล้องกับคำที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการ เนื้อหาด้าน STEM ที่ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาประเทศ

4. สะเต็มศึกษาช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถทางด้าน วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาประเทศในอนาคต ดังจะเห็นได้จาก ผลการทดสอบความพร้อมในการศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยและความพร้อมในการประกอบอาชีพ (ACT College and Career Readiness) ประจำปี ค.ศ. 2010 พบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 29 ที่มี

ความพร้อมที่จะเข้าศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาและร้อยละ 43 ที่มีความพร้อมที่จะเข้าศึกษาในด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งหากภาครัฐไม่เร่งพัฒนาสะเต็มศึกษา สหรัฐอเมริกาก็มีแนวโน้มที่จะขาดแคลนแรงงานด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในอนาคตอันใกล้นี้ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อาจจะมีข้อจำกัดในเรื่องความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำไปใช้และเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน แต่หากพิจารณาข้อดีภายใต้ ข้อจำกัดนี้แล้วจะพบว่าความไม่ชัดเจนนี้เปิดโอกาสให้ครูผู้สอนสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ตามความเข้าใจของตนเอง โดยไม่มีกรอบใดๆ มาบังคับ ทั้งนี้ เพื่อบรรลุเป้าหมายสูงสุดร่วมกัน คือการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมืองของชาติที่มีการรู้ด้านสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นความสามารถที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

ปริษา คำจร (2564) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถจัดได้หลายรูปแบบ นำไปปรับใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้สามารถบูรณาการข้ามศาสตร์ได้ และช่วยให้เรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมายมากขึ้น ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือครูผู้สอนยังขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาทำให้ไม่สามารถนำไปพัฒนาผู้เรียนได้เต็มศักยภาพ

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ รวมถึงการคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรม รวมถึงยังช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการได้หลายรูปแบบ และนำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันจึงทำให้การเรียนรู้มีความหมาย นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษายังมีข้อจำกัดความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำไปใช้ และเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน

4.6 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) การวัดและประเมินผลในสภาพจริงผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้การสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผล ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) มีดังนี้

1. การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) หมายถึง การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูงกระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลายๆ ด้านโดยใช้วิธีการประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment) ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่างๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติจริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิดโดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงานผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงานและมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่างๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน

2.1 การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2.2 การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าความสำเร็จของงาน

2.3 การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครูและผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

2.4 การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

2.5 การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนลงมือ ปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

2.6 การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีค่าเป็น เนื่องจากใช้ความสามารถทางความรู้ความเข้าใจในหลักการต่างๆ ได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังคงใช้แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำแต่จะมุ่งเน้นประเมินความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูงแบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

ปฏิมา ชุมร่า (2565) การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะเน้นไปที่การวัดและประเมินผลในสภาพจริงที่ผู้เรียนแสดงออกมาขณะทำกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพฤติกรรมที่ผู้เรียนได้แสดงออกมานี้สามารถสะท้อนถึงความรู้ ทักษะกระบวนการ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นข้อมูลที่มีคุณค่าต่อผู้เรียนและผู้สอนเพราะสะเต็มศึกษาเน้นการประเมินเพื่อพัฒนามากกว่าการตัดสินผลการเรียน ข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินผลจะทำให้ผู้สอนได้ทราบพัฒนาการและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียน

อีกทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1. การวัดและประเมินผลจะต้องผสมผสานไปกับการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องประเมินผู้เรียนอย่างต่อเนื่องและใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย

2. เครื่องมือการวัดและประเมินผลจะต้องสามารถประเมินกระบวนการที่ซับซ้อนมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้หรือเนื้อหาสาระอะไรได้บ้าง

3. เป็นการประเมินผลที่มุ่งเน้นไปที่ศักยภาพโดยรวมของผู้เรียน ทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ทักษะในด้านต่างๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4. เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียนมากกว่าการตัดสินผลการเรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียนทั้งด้านจุดเด่นที่ควรส่งเสริมและจุดด้อยที่ควรได้รับการแก้ไข

5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนรู้ ผู้สอนสามารถนำข้อมูลจากการประเมินผลมาใช้ในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ของตนเองได้ต่อไป

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม เช่น ให้ประเมินผลงานของตนเองเพื่อนำไปแก้ไขพัฒนา และปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนจะสามารถนำความรู้และทักษะความสำคัญที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ในโลกแห่งอนาคต

ซึ่งวิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สังเกตการณ์แสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
2. ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน
3. การสัมภาษณ์
4. บันทึกของผู้เรียน
5. การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
6. การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ
7. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ
8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้ม

จากการศึกษาการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลจะประเมินผลในสภาพจริงของผู้เรียนที่แสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการทำงานต่างๆ มุ่งเน้นประเมินความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง พฤติกรรมของผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิด

อย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ความสามารถที่แท้จริงยังสามารถประเมินได้จากกระบวนการทำงานและผลของงาน งานวิจัยนี้วัดและประเมินผลจากชิ้นงานที่ประดิษฐ์ขึ้นมา

5. การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้

5.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้

Lawson (1995) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นขึ้นเพื่อให้นักเรียนใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้หรือประสบการณ์เรียนรู้ที่มีความหมายด้วยตนเอง โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งไม่เน้นการสอนแบบการบรรยายหรือให้ผู้เรียนเป็นผู้รับเนื้อหาความรู้จากครูอย่างเดียว แต่ครูจะต้องมีการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยเชื่อว่านักเรียนมีระบบการเรียนรู้ที่ดีอยู่แล้ว

Wu & Hsieh (2006) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย คือ การถามคำถาม ออกแบบการสำรวจข้อมูลการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล การคิดค้นประดิษฐ์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและสื่อสารคำอธิบาย

ภพ เลหาพิบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอนการจัดลำดับเนื้อหาโดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตัวเองมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และเปลี่ยนแนวคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ

ชาติรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึงกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่สนับสนุนถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์สิ่งสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ก็คือการให้ออกาสนักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่างๆ มาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหา

ทิตินา แคมมณี (2563) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกใน

การเรียนรู้ในด้านต่างๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น การสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยมีผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

5.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2546) ได้แบ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนหรือเกิดจากอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจจะมาจากเหตุการณ์ในช่วงนั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา ครูอาจให้นักเรียนศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรม ภาควิชาการ การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำข้อมูลที่ได้อภิปราย แลกผลสรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยาย สร้างแบบจำลองหรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้เป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวกับประเด็นที่ตั้งไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ถ้าใช้อธิบายเรื่องอื่นได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะเชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. การประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เรื่องอื่นๆ

นันทิณี คำเอี่ยม (2565) ได้กล่าวว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) หรือนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งผู้สอน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ โดยใช้คำถาม นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้ เกิดการเรียนรู้ และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทาง และตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ เก็บรวบรวมข้อมูลหรือทดลองตามแผนที่วางไว้พร้อมบันทึกผลการศึกษา

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเลือกข้อมูลมาวิเคราะห์ แลกผล สรุปผลและเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อให้เกิดความรู้ใหม่

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้ปรับขยายความรู้จากสิ่งที่พบมาแล้ว โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์ใหม่

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวคิดหลังจากที่ได้เรียนรู้ ซึ่งครูจะเป็นผู้ประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกระบวนการต่างๆ

นัฐธิดา มุสิกชาติ (2565) ได้กล่าวว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นขั้นตอนแรกที่ครูนำปัญหาหรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสำรวจ รวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตและลงมือปฏิบัติ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ของตนเองได้

3. **ขั้นอธิบาย (Explanation)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้มานำเสนอและอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยครูให้คำแนะนำเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์หรือขยายแนวคิดในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ผ่านการกระทำแบบฝึกหัด เพื่อทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นขั้นที่นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้ที่ได้โดยอาจจะให้แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน หรือครูอาจจะถามนักเรียนเป็นคำถามปลายเปิดเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความรู้

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด และนักเรียนมีบทบาททบทวนความรู้เดิมเกิดความสงสัยและให้ความสนใจ ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียน ร่วมกันปฏิบัติการทดลอง สังเกตและฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นนำข้อมูลที่ได้อภิปรายวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียน อธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น

ๆ ชั้นที่ 5 ชั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้รับ โดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และครูมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง

5.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2540) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ชั้น ครูต้องจัดเตรียมกิจกรรมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและความสามารถของผู้เรียน และครูจะต้องปรับพฤติกรรมและบทบาทการสอนให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ชั้น ดังแสดงในตารางที่ 6 ตารางที่ 6 บทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่ครูไม่ควรทำ
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ol style="list-style-type: none"> 1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้อยากเห็น 3. ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดตั้งเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายความคิดรวบยอด 2. ให้คำจำกัดความและคำตอบ 3. สรุปประเด็นให้ 4. จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่บรรยาย
2. ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจ ตรวจสอบ 2. สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน 3. ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน 4. ให้นักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เตรียมคำตอบไว้ให้ 2. บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา 3. จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ 4. บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก 5. ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหานำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง 2. ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง 3. ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและบอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ 2. ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียนแนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิดหรือความคิดรวบยอดหรือทักษะ

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมกรรมการสอนของครู	
	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่ครูไม่ควรทำ
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลายให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร (ที่นำกลวิธีจากการสำรวจครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้) 	<ol style="list-style-type: none"> ให้คำตอบที่ชัดเจน บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก ใช้เวลามากในการบรรยาย นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน อธิบายวิธีการแก้ปัญหา
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	<ol style="list-style-type: none"> สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิด หรือพฤติกรรม ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่มถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไรนักเรียนเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้น และจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร 	<ol style="list-style-type: none"> ทดสอบค่านิยมศัพท์ และข้อเท็จจริง ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่ ทำให้คลุมเครือ ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ

ภพ เลหาไพบูลย์ (2540) กล่าวว่าในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะต้องมี

พฤติกรรมที่สอดคล้องกับตารางที่ 7

ตารางที่ 7 บทบาทของนักเรียนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของนักเรียน	
	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	สิ่งที่นักเรียนไม่ควรทำ
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ 2. แสดงความสนใจ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง 2. ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง 3. ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบายมีวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว
2. ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน 3. คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ 4. พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น 5. บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็นลงข้อสรุป 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ 2. ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก 3. ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน 2. ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ 3. ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย 4. ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย 5. อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว 6. ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก/สังเกตในการอธิบาย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. อธิบายโดยไม่มี การเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม 2. ยกตัวอย่างที่ไม่เกี่ยวข้องกัน 3. ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล 4. ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำการชี้บอกร่วมประกอบต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน 2. ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ 3. อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมการสอนของนักเรียน	
	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	สิ่งที่นักเรียนไม่ควรทำ
	2. ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง 3. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ 4. บันทึกการสังเกตและอธิบาย ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ	
5. ชั้นประเมิน (Evaluation)	1. ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ 3. ประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง 4. ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบต่อไป	1. ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว 2. ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้ คำจำกัดความ/ความจำ 3. ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความเข้าใจด้วยคำพูดของตนเอง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอน ดังตารางที่ 8 ตารางที่ 8 พฤติกรรมของนักเรียนและบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
1. ชั้นสร้างความสนใจ	ถามคำถาม เช่น ทำไมถึงเกิดเช่นนี้ อะไรที่ฉันรู้แล้วบ้างเกี่ยวกับเรื่องนี้ ข้อมูลอะไรที่ฉันสามารถหาเพื่อศึกษาเรื่องนี้จะมีวิธีการแก้ปัญหาเรื่องนี้อย่างไร	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้ อยากเห็น 3. ตั้งคำถามหรือปัญหา 4. ตรวจสอบหรือหาความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดหรือหัวข้อที่กำลังจะสอน
2. ชั้นสำรวจและค้นหา	1. คิดอย่างสร้างสรรค์ภายใต้กิจกรรมที่กำหนด 2. ทดสอบการทำนายและสมมติฐาน 3. ตั้งการทำนายและสมมติฐานใหม่	1. สนับสนุนให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม 2. สังเกตและฟังขณะนักเรียนทำงานและมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
	4. ทหาวิธีการแก้ปัญหาและอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการนั้นกับเพื่อนร่วมชั้น 5. บันทึกสิ่งที่สังเกตได้ 6. ตรวจสอบแนวคิดของตน	3. ถามคำถามเพื่อชี้ประเด็นให้นักเรียนรู้ทิศทางว่าเขากำลังตรวจสอบอะไร 4. ให้อีกเวลากับนักเรียนในการสำรวจตรวจสอบเป็นที่ปรึกษา
3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป	1. อธิบายคำตอบที่เป็นไปให้แก่เพื่อนร่วมชั้น 2. ฟังการอธิบายของเพื่อนกลุ่มอื่นอย่างพินิจพิเคราะห์ 3. ถามคำถามเกี่ยวกับการอธิบายของผู้อื่น 4. ฟังและพยายามทำความเข้าใจจากการอธิบาย 5. เชื่อมโยงกับกิจกรรมที่ผ่านมา ใช้ข้อมูลที่บันทึกจากการสังเกตในการอธิบาย	1. สนับสนุนให้นักเรียนอธิบายแนวคิดและนิยาม ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง 2. ถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐาน และสร้างความกระจ่างกับสิ่งที่สำรวจหรือค้นหา 3. เตรียมคำนิยาม คำอธิบาย และ คำศัพท์ใหม่ 4. ใช้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการอธิบายแนวคิด
4. ชั้นขยายความรู้	1. การประยุกต์หรือขยายแนวคิดกระบวนการหรือทักษะของตน 2. นำความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติมไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ 3. เรียนรู้แบบร่วมมือ 4. ร่วมอภิปรายเป็นกลุ่ม 5. แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยน 6. รับข้อมูลป้อนกลับจากเพื่อนร่วมชั้น 7. เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่	1. กระตุ้นนักเรียนให้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความคิดของตน 2. ให้ข้อมูลป้อนกลับ 3. จัดเตรียมประสบการณ์ หรือสถานการณ์หรือปัญหาใหม่
5. ชั้นประเมิน	1. ประเมินการพัฒนาความเข้าใจของตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้างและเรียนรู้ได้อย่างไร 2. เปรียบเทียบความรู้เดิมและแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติม	1. กระตุ้นให้นักเรียนประเมินความเข้าใจของตน 2. วัดและประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	พฤติกรรมของนักเรียน	บทบาทของครู
	3. ทำแบบวัดและประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของตน	3. ใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผู้วิจัยสรุปได้ว่า บทบาทของครู คือ สร้างคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดและกระตุ้นให้เกิดความสนใจและตั้งคำถามในเรื่องที่สนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการทำกิจกรรม ฟัง และสังเกตการโต้ตอบของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดด้วยตนเอง รวมถึงส่งเสริมให้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ สังเกตและประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน นอกจากนี้บทบาทของนักเรียน คือ แสดงความสนใจ ตั้งคำถามเพื่อค้นหาคำตอบ ปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อธิบายด้วยความเข้าใจของข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต และฟังคำอธิบายของผู้อื่น นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ อีกทั้งแสดงออกถึงความรู้และความเข้าใจหรือทักษะ และประเมินตนเอง

5.4 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

Joyce และ Well (1986) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. เป็นวิธีที่ยั่วยุให้นักเรียนต้องการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าให้กับนักเรียน
3. เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนฝึกให้รู้จักการทำงานเป็นกลุ่มตามระบบประชาธิปไตย

ภพ เลหาไพบุรณ์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

1. นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ นั่นคือนักเรียนสามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถรู้มโนคติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนเป็นผู้ที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

บัญญัติ ชำนาญกิจ (2550) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ 2. มีแรงจูงใจที่กระหายความอยากรู้อยากเรียน อยู่ตลอดเวลา 3. ได้ฝึกการคิดและการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง 4. ทำให้การเรียนรู้เกิดความคงทนและสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้ 5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน 6. นักเรียนจะมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ 7. นักเรียนจะเรียนรู้มีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ได้เร็วขึ้นกว่าเดิม 	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนหลายๆ อาจจะไม่พอใจในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร 2. โอกาสที่จะทำให้ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ อยู่เสมอ ๆ ทำให้ความสนใจศึกษาค้นคว้าลดลง

นัชพันธ์ คำเอี่ยม (2565) ได้กล่าวว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดีดังนี้

1. ช่วยเพิ่มศักยภาพทางสติปัญญา ให้เป็นนักคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนักจัดระบบความคิด
2. ทำให้การเรียนรู้เกิดความคงทนและสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้
3. เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ มีความอิสระ มีชีวิตชีวา และสนุกสนานกับการเรียนรู้
4. นักเรียนมีมีโนทัศน์เกี่ยวกับตนเองได้ดีขึ้น ได้ศึกษาหาความรู้และคิดแก้ปัญหาเกิดการค้นพบด้วยตนเอง
5. การค้นพบด้วยตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ
6. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
7. ทำให้การเรียนรู้เกิดความคงทนและสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

นัฐธิดา มุสิกชาติ (2565) ได้กล่าวว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดีและข้อจำกัด คือ ผู้เรียนได้ฝึกคิดอย่างอิสระ ได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ ได้ศึกษา สำรวจ ค้นหา รวบรวมข้อมูลลงมือปฏิบัติวิธีค้นหาความรู้ แก้ไขปัญหา และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ฝึกให้เป็นคนช่างสังเกต มีเหตุผล ช่วยให้นักเรียนจดจำความรู้ได้คงทนสามารถถ่ายโอนความรู้ได้ เชื่อมโยงความรู้นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ส่วนข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ เป็นกิจกรรมที่ใช้เวลามากในการเรียนรู้แต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้เนื้อหาไม่ครบตามที่กำหนดไว้ ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม ปัญหาที่ง่ายหรือยากเกินไป อาจจะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยาก

เรียนได้ ส่วนนักเรียนที่ได้รับการกระตุ้นไม่มากพอจะไม่สามารถเรียนด้วยวิธีการสอนแบบนี้และอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้ ข้อดี คือ นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยการลงมือปฏิบัติ ทำให้ความรู้เกิดความคงทนสามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และสามารถนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ส่งผลให้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอน นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนในการทำงานเป็นกลุ่ม ข้อจำกัดคือ สถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นต้องมีความน่าสนใจถ้าสถานการณ์นั้นไม่น่าสนใจ หรือเป็นคำถามที่นักเรียนตอบคำถามได้จะทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา ดังนั้นครูควรเลือกเนื้อหาวิชาและสร้างสถานการณ์ และตั้งคำถามให้เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละครั้ง

5.5 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Ong, Luo, Yuan, & Yingprayoon (2020) ให้ความหมายว่า การสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีการสอนที่เฉพาะเจาะจง เพื่อให้การสอนมีความสอดคล้องกับการสร้างความรู้ของผู้เรียนโดยมีองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา รวมอยู่ในขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้

ณัฐพงศ์ มณีโรจน์, และปราสาท เนืองเฉลิม (2560) ได้ให้ความหมายว่า การจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการใช้การสอนแบบสืบเสาะที่เน้นผู้เรียน เป็นผู้ค้นหาคำตอบ มาจัดการเรียนรู้โดยนำเอาแนวคิดสะเต็มศึกษาไปแทรกในแต่ละขั้นของการ เรียนรู้แบบสืบเสาะ หรือกล่าวได้ว่าในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีการจัดการบูรณาการระหว่าง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

พีรพลย์ อ่อนสี (2562) ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อแสวงหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการสอนที่เน้น การเรียนรู้จากการวิจัย พยายามถามคำถาม หาสาเหตุ และหาข้อสรุปจากผู้เรียนเอง มีครูที่กระตุ้น ความอยากรู้ และมีครูที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ตามแนวทางของ STEM การบูรณาการ วิทยาศาสตร์ ทั้งสี่ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ถูกแทรกเข้าไปใน ทุกขั้นตอนของการสอนและการเรียนรู้

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้โดยนำแนวคิดสะเต็มศึกษาได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ไปบูรณาการแทรกในขั้นของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้

5.6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รพีพล อินสุพรรณ (2562) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 10 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
1. ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement)	ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสร้างประเด็นที่จะศึกษา โดยครูจะให้ประเด็นในการศึกษาในช่วงเรียน ผ่านการตั้งคำถามหรือกิจกรรมการเรียนรู้
2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration)	ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูให้ โดยการให้นักเรียนสืบค้นความรู้เพื่อแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้วิทยาศาสตร์ (Science: S) ในหัวข้อที่กำลังเรียนร่วมกับครู
3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายตามประเด็นและทฤษฎีที่ทำการศึกษา เพื่อหาคำตอบความรู้ที่เกิดขึ้น ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสามารถแก้ปัญหาโดยนักเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science: S) ร่วมกับครู สืบค้นและแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) จนสามารถอธิบายองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นได้
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือสถานการณ์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ขยายความรู้ที่เกิดขึ้น แต่งเติมความรู้ให้สมบูรณ์ และเชื่อมโยงความรู้ทั้งเก่าและใหม่จนสามารถนำความรู้ที่เกิดขึ้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ในขั้นนี้นักเรียนจะศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ร่วมกับครู สืบค้นและแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) ที่เหมาะสมตลอดจนนำความรู้ทางวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ ประดิษฐ์ชิ้นงานจากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถนำความรู้ทั้งสี่ด้านมาสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูให้ โดยการสร้างชิ้นงาน ทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้าง และสรุปผลการทำงานของชิ้นงาน
5. ขั้นการประเมิน (Evaluation)	ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนจะประเมินกระบวนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เพื่อปรับปรุงความรู้ให้ เป็นความรู้ที่ถูกต้องและยั่งยืน ในขั้นนี้นักเรียนจะตรวจสอบความเข้าใจ เนื้อหาวิชาฟิสิกส์จากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับครู

สุทธาธิณี กรุดเงิน (2563) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงการผสมผสานขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	1. การระบุปัญหาในชีวิตจริงที่ต้องการพัฒนา	1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูเป็นผู้กระตุ้นด้วยคำถามและสถานการณ์จนนักเรียนเกิดประเด็นปัญหา นักเรียนจะได้ใช้ความรู้เดิมทางด้านวิทยาศาสตร์ (S)
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมนั้น 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาหรือพัฒนานวัตกรรม	2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำการศึกษาหาความรู้โดยการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (S) เกี่ยวกับเนื้อหาทฤษฎีของเรื่องที่กำลังศึกษาโดยใช้สื่อและเทคโนโลยี (T) ในการค้นหาข้อมูล และนำความรู้ที่ได้มาวางแผนออกแบบชิ้นงาน (วิศวกรรม: E) ตามทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดรวมถึงใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (M) ในการคำนวณอย่างมีเหตุผลและทำการสร้างชิ้นงานที่ตอบสนองประเด็นปัญหา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	5. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลของนวัตกรรมที่พัฒนาได้	3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้นโดยใช้สื่อและเทคโนโลยี (T) อธิบายแนวคิดในการสร้างและออกแบบชิ้นงาน รวมถึงวิธีการทำงานของชิ้นงานและการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน
4. ขั้นขยายความรู้	6. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่พัฒนาได้	4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพตามข้อเสนอแนะและทำการเชื่อมโยงชิ้นงานกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นๆ เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้กับความรู้ใหม่อื่นๆ เพื่อทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	6. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมที่พัฒนาได้	5. ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้ประเมินทำการประเมินชิ้นงานที่นักเรียนทำการปรับปรุงชิ้นงานแล้ว โดยให้สมาชิกแต่ละกลุ่มทำการแลกเปลี่ยนกันให้คะแนนชิ้นงาน และครูทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการสร้างชิ้นงาน

ศิริพร เครือทองและสุพิศร ฝ่ายจันทร์ (2564) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังนี้ การสืบเสาะหาความรู้มีขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Engagement) ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) โดยบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาในขั้นที่ 4 โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่อาศัยองค์ความรู้คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาและออกแบบชิ้นงานต่าง ๆ ร่วมกับการบูรณาการเทคนิคการตรวจสอบของ Osborn ในการออกแบบพัฒนาชิ้นงานจากกิจกรรมสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกเชิงวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์ ให้นักเรียนพิจารณาการออกแบบชิ้นงานในด้านความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ โดยให้นักเรียนระบุแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบชิ้นงาน 4 ส่วน ได้แก่ 1. การพลิกมุมมอง เป็นการให้ลองคิดถึงรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างออกไป เช่น รูปปร่าง รูปทรง รส กลิ่น สี 2. การแทนที่ด้วยสิ่งใหม่ เป็น

ความสามารถแทนที่องค์ประกอบหรือรูปแบบเดิมได้ เช่น แทนที่ด้วยวัสดุ ขั้นตอน แหล่งพลังงาน สถานที่ วิธีการ เวลา อารมณ์และความรู้สึก เสียง 3. การเพิ่มคุณสมบัติเป็นความสามารถในการเพิ่มคุณสมบัติใดลงไปในผลิตภัณฑ์ เช่น เวลา ความคงทน ความถี่ ความแข็งแรง ขนาด ความยาว ความหนา คุณค่า ส่วนผสม และ 4. การลดคุณสมบัติ เป็นการตัดหรือลดคุณสมบัติ เช่น ขนาด ความสั้น ความเตี้ย ความแคบ ความพอม ความเบา ความบาง การแบ่งออก เพื่อให้เกิดการสร้างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์

สารีนา ไบโสะดำ และโรชวรรณา เซฟโฆลาม (2565) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 12 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
1. ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement)	ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งเกิดจากความสนใจของนักเรียนหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่สนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม ยั่วให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และครูสร้างสถานการณ์หรือยกประเด็นเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหาในประเด็นปัญหา
2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration)	ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว มีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ ผู้สอนทำหน้าที่กระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง
3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมจะมีการนำเสนอโดยใช้รูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปวาด สร้างแบบจำลอง ตารางกราฟ เป็นต้น จากการทำที่นักเรียนได้นำความรู้ทั้ง สาขาที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนร่วมระดมความคิดร่วมกัน เพื่อวิเคราะห์ความรู้ในศาสตร์วิชาต่าง ๆ จากนั้นเก็บข้อมูลและจัดกระทำข้อมูล

	เพื่อนำเสนอและอธิบายถึงผลการเรียนรู้จากการสร้างชิ้นงานหรือ นวัตกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไป เชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำ แบบจำลอง หรือข้อสรุป ที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือ เหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามี ข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้ เกิดความรู้กว้างขึ้น
5. ขั้นการประเมิน (Evaluation)	ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินนักเรียนทั้งชิ้นงาน และความรู้ของนักเรียน โดยนักเรียนมีการนำเสนอชิ้นงานที่ได้ สร้างสรรค์ และครูประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า ผู้ เรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลผลและปรับประยุกต์ใช้ ในเรื่องอื่น ๆ ได้

นิชนันท์ คำตา (2566) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะ
เต็มศึกษาโดยมีขั้นการจัดการเรียนรู้ดังนี้
ตารางที่ 13 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนโดยทำการแทรกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้บูรณาการ
แนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
1. ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement)	ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ครูให้นักเรียนสังเกตภาพ โดยการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม เพื่อให้นักเรียนการเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งเกิดจากความสงสัยหรือ ความสนใจของผู้เรียนอาจเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือ เป็นเรื่องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ได้เรียนมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้ นักเรียนสร้างคำถามนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่องที่จะศึกษามากขึ้น และมีความหลากหลายวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ
2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration)	ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นทำความเข้าใจใน ประเด็นที่จะศึกษาแล้วจึงวางแผนกำหนดแนวทางสำรวจ ตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการที่หลากหลาย
3. ขั้นการอธิบายและลง ข้อสรุป (Explanation)	ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนจึงนำข้อมูล ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบ ต่าง ๆ เช่น การบรรยาย วาดรูป สร้างตาราง เป็นต้น

<p>4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)</p>	<p>ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการอธิบายเรื่องอื่น ๆ เพราะถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนดังนี้</p> <p>ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)</p> <p>ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)</p> <p>ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)</p> <p>ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)</p> <p>ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)</p> <p>ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)</p>
<p>5. ขั้นการประเมิน (Evaluation)</p>	<p>ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด</p>

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการแทรกในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ ดังตาราง 14 ดังนี้

ตารางที่ 14 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
<p>1. ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement)</p>	<p>ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด และนักเรียนมีบทบาททบทวนความรู้เดิม เกิดความสงสัยและให้ความสนใจ</p>
<p>2. ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration)</p>	<p>ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติการทดลอง สังเกตและฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติการจัดการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p>

3. ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<p>ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น</p>
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<p>ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) คณิตศาสตร์ (M) และด้านวิศวกรรม (E) มาบูรณาการแก้ปัญหาสถานการณ์ โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการระบุปัญหา สถานการณ์ รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ครูมีบทบาทในการถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายและแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น ๆ และสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา</p>
5. ขั้นการประเมิน (Evaluation)	<p>ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้รับ โดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และครูมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง</p>

6. เทคนิคสแคมเพอร์

เทคนิคสแคมเพอร์ เป็นเทคนิคระดมสมองรูปแบบหนึ่งช่วยในการนำเสนอความคิดใหม่หรือปรับปรุงที่มีอยู่แล้ว สแคมเพอร์รู้จัก โดย Alex Osborn ในปีค.ศ. 1953 และภายหลังถูกพัฒนาโดย Bob Eberle ในปี 1971 ใช้ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน พัฒนาผ่านการระดมความคิด โดยเน้นการใช้คำถาม สิ่งแรกๆที่ควรทำคือการระบุหัวข้อที่ต้องการจะแก้ปัญหา หรือความคิดที่จะนำมาพัฒนาต่อยอด ซึ่งอาจจะเป็นเรื่องทั่วไปในชีวิตประจำวัน

6.1 ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์

Eberle (1996) ได้ให้ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์ว่า เป็นเทคนิคที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยผ่านการระดมความคิด ใช้เรื่องราวหรือเหตุการณ์ใกล้ตัว โดยการตั้งคำถามกระตุ้นให้เด็กที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน ซึ่งคำถามเหล่านั้นจะเป็นแรงผลักดันให้เด็กต้องใช้ทักษะความคิดที่หลากหลายที่จะช่วยพัฒนาความคิด

Glenn (1997) ได้ให้ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์ว่า เป็นการให้อิสระทางความคิด สร้างสรรค์ของผู้เรียน และยังเป็นการฝึกปฏิบัติการคิดอย่างเป็นระบบเพื่อให้เห็นความแตกต่างของความคิดสร้างสรรค์กับความคิดเดิม

พัชนี เจียรระผกานนท์ (2557) ได้ให้ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์ว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดสิ่งใหม่ๆ จากการมีสิ่งอื่นมาทดแทน หรือนำสิ่งต่างๆ มาผสมผสานกัน หรือมีการปรับนำสิ่งอื่นมาใช้ ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงให้ดีขึ้นจากเดิม หรือนำสิ่งที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น หรือตัดออกลดทอนบางส่วนที่ไม่จำเป็น และใช้วิธีจัดใหม่ ซึ่งผู้เรียนสามารถนำเทคนิคแต่ละตัวนี้ไปประยุกต์ใช้ในการคิดสิ่งใหม่ได้

สุจิตตรา จันทร์ลอย (2564) ได้ให้ความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์ว่า สแคมเพอร์เป็นแนวทางที่ใช้ในการตั้งคำถามเพื่อสร้างความคิดใหม่ที่แตกต่าง เป็นการคิดเปลี่ยนระบบหรือเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานใหม่ จึงช่วยให้สามารถต่อเติมความคิดที่มีอยู่แล้วให้น่าสนใจและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เกิดความคิดที่ซับซ้อนโดยใช้ความคิดเก่าเป็นรากฐานของความคิดใหม่

จากการศึกษาความหมายของเทคนิคสแคมเพอร์ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นเทคนิคที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สร้างความคิดใหม่ หรือปรับปรุงความคิดเดิม โดยการตั้งคำถามเพื่อระดมความคิดช่วยให้เกิดความคิดที่หลากหลาย

6.2 องค์ประกอบของเทคนิคสแคมเพอร์

ชัชฎา ทรรณลักษณ์ (2560) กล่าวว่าเทคนิคสแคมเพอร์มาจากแนวคิดที่ว่าสิ่งใหม่ๆ ทุกสิ่งเกิดมาจากการดัดแปลงจากสิ่งที่มีอยู่แล้วโดยอักษรย่อของคำว่า SCAMPER มาจากตัวแรกของวิธีที่จะนำมากระตุ้นความคิดให้เกิดสิ่งใหม่ ประกอบด้วย

1. S ย่อมาจาก Substitute หมายถึง การแทนที่หรือการทดแทน การตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบว่าเมื่อสิ่งที่มีอยู่นั้นไม่สามารถใช้งานได้สามารถมีสิ่งใดที่จะมาทดแทนสิ่งที่มีอยู่ หรือนำมาปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้น ความคิดใหม่ๆ จะเกิดขึ้นเมื่อมองหาสิ่งใหม่ๆ มาทดแทน

2. C ย่อมาจาก Combine หมายถึงการผสมผสาน การผสมผสานสิ่งต่างๆที่มีอยู่ ออกมาให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้นมา เช่น การสร้าง Balloon ที่ออกแบบเป็นรูปสัตว์ ต้นไม้ หรือสิ่งของต่างๆ ได้เป็นแนวคิดใหม่ออกมา

3. A ย่อมาจาก Adapt หมายถึง การปรับเอาสิ่งอื่นมาใช้ สิ่งของหรือแนวคิดใหม่ทั้งหมดโดยส่วนมากแล้วมาจากแนวคิดเดิมที่มีอยู่เพราะฉะนั้นการปรับสิ่งอื่นมาใช้จึงสามารถทำให้เกิดกระบวนการความคิดสร้างสรรค์

4. M ย่อมาจาก Modify Magnify หมายถึง การดัดแปลงและการขยาย ในขั้นนี้เป็นการเพิ่มเติมแนวคิดหรือการขยายแนวคิดที่มีอยู่ การตั้งคำถามในขั้นนี้จะทำให้ผู้เรียนเกิดจินตนาการ ไม่มีกรอบมากำหนดแนวคิด

5. P ย่อมาจาก Put to Other use หมายถึง การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น การประยุกต์ใช้เป็น การนำคำถามมากระตุ้นให้คิดต่อว่าสิ่งที่มีอยู่นั้นจะนำไปใช้กับสิ่งอื่นได้อีกหรือไม่

6. E ย่อมาจาก Eliminate หมายถึง การกำจัดหรือการตัดออก นวัตกรรมอาจไม่ได้เกิดจากการสร้างเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการกำจัดได้อีกด้วย เช่น โดรนที่ต้องตัดตรงกลางออก เพราะว่ามันทอแล้วไม่สวย

7. R ย่อมาจาก Rearrange/Reverse หมายถึง การเรียงเรียงใหม่ การย้อนกลับ จากวงการดนตรี ศิลปะ เพียงการนำเรื่องเก่า มาเล่าใหม่ในมุมมองที่แตกต่าง ย่อมเกิดประเด็น ความคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ ขึ้น

สุจิตตรา จันทรลอย (2564) กล่าวว่าเทคนิค SCAMPER เป็นเทคนิคที่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดเพิ่มเติม หรือตัดออก หรือตัดแปลงจากสิ่งที่มีอยู่ เป็นการฝึกให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ นำสิ่งต่าง ๆ ไปใช้สร้างสรรค์ในสถานการณ์ใหม่ๆ ตลอดจนสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งประกอบด้วย

1. การทดแทน (S – Substitute) คือจะมีสิ่งใด ใคร สถานที่ เวลา และวิธีการใดเข้ามาทดแทนสิ่งนี้ได้บ้าง

2. การผสมผสาน (C – Combine) คือ การคิดว่าสิ่งต่างๆ สามารถนำมารวมกันได้หรือไม่ เอาไปเชื่อมต่อกันได้หรือไม่ ถ้ารวมกันแล้วจะดีกว่าเดิมหรือไม่

3. การปรับรับสิ่งอื่นมาใช้ (A – Adapt) หมายถึงการที่คิดว่าจะมีอะไรที่เหมือนอย่างนี้อีกหรือไม่ และจะนำสิ่งนี้ไปปรับใช้ได้อย่างไร

4. การปรับปรุง (M – Magnify) หมายถึงสามารถเพิ่มเติมอะไรได้อีกหรือไม่ จะสามารถทำให้เล็กลงหรือใหญ่ขึ้นได้หรือไม่ จะเป็นการ ย่อ ขยาย และแก้ไข เช่น ควรจะเป็นสีอื่นไหม หรือควรจะเป็นสีอะไร

5. การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น (P – Put to other uses) สิ่งนี้ใช้ทำอย่างอื่นได้หรือไม่ จะมีประโยชน์สำหรับคนอื่นไหม

6. การตัดออก (E – Eliminate) เป็นการกำจัดออก จะเอาอะไรออกไป จะตัดสิ่งไหนออกได้บ้าง และเมื่อเอาออกไปจะทำให้ดีขึ้นหรือมีผลเสียอะไร

7. การจัดใหม่ (R – Rearrange) คือการทดลองทำใหม่ ลองกลับหัวกลับหาง หรือจะสามารถตะแคงได้หรือไม่

จากการศึกษาองค์ประกอบของเทคนิคสแคมเพอร์ผู้วิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบของเทคนิคสแคมเพอร์เป็นเทคนิคช่วยกระตุ้นความคิดให้เกิดสิ่งใหม่โดยการตั้งคำถามซึ่งเป็นอักษรย่อของ SCAMPER มาจากตัวอักษรแรกของวิธีการกระตุ้นความคิดใหม่ ประกอบด้วย S ย่อมาจาก Substitute การทดแทน เป็นการตั้งคำถามว่ามีสิ่งใดที่จะมาทดแทนเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้นได้บ้าง C ย่อมาจาก Combine การนำมารวมกัน เป็นการตั้งคำถามว่า สามารถรวมกันได้หรือเมื่อรวมกันแล้วจะดีกว่าเดิมหรือไม่ A ย่อมาจาก Adapt การปรับใช้ เป็นการตั้งคำถามว่า สามารถปรับปรุงใช้อย่างไร M ย่อมาจาก Magnify การลดจำนวน เป็นการตั้งคำถามว่า สามารถเพิ่มเติมอะไรเพื่อทำให้เล็กลงหรือใหญ่ขึ้นได้หรือไม่ P ย่อมาจาก Put to other uses การประยุกต์ใช้ เป็นการตั้งคำถามว่า สามารถประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่นได้หรือไม่ E ย่อมาจาก Eliminate การลดจำนวน เป็นการตั้งคำถามว่า สามารถตัดสิ่งไหนออกได้บ้าง เมื่อเอาออกไปจะทำให้ดีขึ้นหรือไม่อย่างไร และ R ย่อมาจาก Rearrange/Reverse การจัดเรียงใหม่หรือทำตรงกันข้าม เป็นการตั้งคำถามสามารถทำตรงกันข้ามกับสิ่งเดิมได้หรือไม่อย่างไร

6.3 เทคนิคสแคมเพอร์ในการพัฒนาการคิด

สายหยุด อุไรสกุล (2555) เทคนิคการสร้างความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER เป็นความสามารถต่อเติมความคิดที่มีอยู่แล้วให้น่าสนใจและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เกิดความคิดที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น โดยใช้ความคิดเก่าเป็นรากฐานของความคิดใหม่

1. Substitute สิ่งทดแทน เป็นกระบวนการความคิดเกี่ยวกับการแทนที่หรือหาสิ่งมาทดแทนปัญหา ผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการด้วยสิ่งอื่นๆ ความคิดใหม่ๆ มักจะเกิดขึ้นเมื่อเรามองหาสิ่งใหม่ๆ มาทดแทน ซึ่งสามารถเปลี่ยนสิ่งของ สถานที่ ขั้นตอนการทำงาน คน ความคิด และแม้กระทั่งอารมณ์ได้

ตัวอย่างคำถาม

สามารถหาของมาแทนที่หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่
 สามารถเปลี่ยนผู้ที่เกี่ยวข้องได้หรือไม่
 สามารถเปลี่ยนกฎเกณฑ์ได้หรือไม่
 สามารถใช้ส่วนผสมหรือวัตถุดิบอื่นๆ ได้หรือไม่
 สามารถใช้กระบวนการหรือขั้นตอนการทำงานอื่นๆ ได้หรือไม่
 สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้หรือไม่
 สามารถเปลี่ยนสี ความหนา เสียงหรือกลิ่นได้หรือไม่
 ถ้าเปลี่ยนชื่อ แล้วจะเกิดผลกระทบอะไร
 สามารถเอาส่วนประกอบนี้ไปใช้แทนส่วนอื่นได้หรือไม่
 สามารถนำความคิดเดียวกันนี้ไปใช้กับที่อื่นได้หรือไม่
 สามารถเปลี่ยนความรู้สึกหรือทัศนคติในเรื่องนั้นๆ ได้หรือไม่

คำหลักๆ ที่ใช้ Alternate = ทางเลือก, colorize = ลักษณะภายนอก (สี), exchange = การแลกเปลี่ยน, fill in for = ทำหน้าที่แทน, locum = แลกหน้าที่หรือทำแทนกัน, proxy = ตัวแทน, relieve = ทำให้เด่น, rename = เปลี่ยนชื่อ, repackage = เปลี่ยนหีบห่อ บรรจุภัณฑ์, replace = แทนที่, reposition = เปลี่ยนตำแหน่ง, reserve = สำรอง, shape = รูปร่าง, stand in for = ทำหน้าที่แทน, surrogate = ตัวแทน, swap = การแลกเปลี่ยน, switch = การเปลี่ยน, take the place of = แทนที่

2. Combine นำมารวมกัน เป็นกระบวนการคิดเกี่ยวกับการรวบรวมปัญหาสองส่วนหรือมากกว่านั้นเข้าด้วยกันเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการที่แตกต่างออกไปหรือเสริมสร้างให้การทำงานร่วมกันดีมากยิ่งขึ้น การจัดการกับความสร้างสรรค์นั้นเป็นเรื่องของการดึงเอาสิ่งที่ไม่เคยเกี่ยวข้องกันมาก่อน เช่น ความคิด, ผลิตภัณฑ์, บริการ มาสร้างเป็นสิ่งใหม่

ตัวอย่างคำถาม

มีแนวความคิดหรือส่วนประกอบอะไรบ้างที่สามารถนำมารวมกัน
 สามารถรวมวัตถุประสงค์ในแต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้หรือไม่
 สามารถนำสิ่งนี้ไปรวมกับสิ่งอื่นๆ ได้หรือไม่
 มีอะไรบ้างที่สามารถนำมารวมกันเพื่อเพิ่มจำนวนของการใช้งาน
 วัตถุดิบประเภทใดบ้างที่สามารถนำมารวมกัน

สามารถนำความสามารถพิเศษที่แตกต่างกันมารวมกันเข้าด้วยกันเพื่อเกิดการพัฒนาที่ดีขึ้น

คำหลักๆที่ใช้ Amalgamate = รวมกัน, become one = รวมเป็นหนึ่ง, blend = ผสมกัน, bring together = ประกอบเข้าด้วยกัน, coalesce = รวมตัว, come together = นำมารวมกลุ่มกัน, commingle = ผสมผสาน, conjoin = ทำให้รวมกัน, fuse = รวมเข้าด้วยกัน, intermix = ผสม, join = เชื่อม/รวมเข้าด้วยกัน, link = เชื่อม, merge = กลืน/รวมไว้ด้วยกัน, mingle = ผสม, mix = ผสม, package = รวมกลุ่ม/ส่วนประกอบทั้งหมด/เหมาทั้งชุด, relate = ส่วนที่เกี่ยวข้องกัน, unite = เชื่อมเข้าไว้ด้วยกัน

3. Adapt ปรับให้เหมาะสม เป็นการแก้ปัญหาโดยการนำความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วมาปรับใช้ บางครั้งวิธีการแก้ปัญหาของคุณอาจจะมีทางออกอยู่แล้ว จำไว้ว่าความคิดหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นก็หยิบมาจากสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วนั่นเอง

ตัวอย่างคำถาม

มีอะไรบ้างที่เหมือนกัน

มีอะไรบ้างที่คล้ายคลึงกันแต่แตกต่างกันในแง่ของบริษัท (องค์ประกอบหรือ

สภาพแวดล้อม)

มีความคิดที่ใกล้เคียงกันจากประสบการณ์ในอดีตที่ได้เรียนรู้หรือไม่

มีความคิดอื่นๆ ที่ยังไม่ได้ถูกเสนออีกหรือไม่

มีอะไรที่สามารถคัดลอก ขอยืม หรือขโมยมาใช้ได้

ใครเป็นผู้ที่สมควรเลียนแบบ

มีความคิดอะไรบ้างที่สามารถนำมารวมเข้าด้วยกัน

มีกระบวนการใดที่สามารถนำมาปรับใช้ได้บ้าง

มีบริษัทอะไรที่แตกต่างกันที่สามารถนำแนวคิดของเราไปปรับใช้ได้

มีแนวคิดอะไรที่แปลกไปจากงานที่ตัวเองรับผิดชอบที่สามารถนำมารวมเข้า

ด้วยกัน

คำหลักๆ ที่ใช้ Acclimatize = ปรับให้เคยชิน, adapt oneself = ปรับให้เข้ากับตัวเอง, adapt oneself = ปรับให้เข้ากับตัวเอง, adapt = ดัดแปลง, adjust = แก้ไขปรับปรุง, alter = เปลี่ยนแปลง, amend = แก้ไข, become accustomed = ปรับให้คุ้นเคย, bend = ยึดหยุ่น, change = เปลี่ยน, conform = เหมือนหรือคล้ายกัน, contextualize = ทำความเข้าใจในบริบท, copy = คัดลอก, emulate = เลียนแบบ, familiarize = ทำให้คุ้นเคย, find your feet = ปรับตัวให้เคยชินกับสิ่งใหม่, fit = พอดี/เหมาะสม, get a feel for = มีความรู้สึกคุ้นเคยเป็นอย่างดี, get used to = คุ้นเคย/เคยชิน, incorporate = รวมเข้าด้วยกัน, make suitable = ปรับให้เหมาะสม, match = เข้ากัน/เข้าคู่, modify = เปลี่ยนแปลง, readjust = ปรับแก้ไขใหม่, refashion = ตกแต่งใหม่, revise = ทบทวนแก้ไข, rework = ปรับปรุงใหม่, settle in ทำให้คุ้นเคย, transform = เปลี่ยนแปลง, vary = ความแตกต่าง

4. Magnify ทำให้เพิ่มมากขึ้น ลองคิดถึงวิธีการที่จะขยายความคิดหรือคิดในสิ่งที่มันเกินความจริง วิธีการคิดแบบนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าของงาน หรือทำให้เข้าใจถึงสิ่งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดได้อย่างลึกซึ้ง

ตัวอย่างคำถาม

มีอะไรที่สามารถขยายหรือทำให้ใหญ่ขึ้นได้อีก

มีอะไรที่จะทำให้เกิดจริงหรือพูดเกินจริง โอ้อวดได้อีก

มีอะไรที่สามารถทำให้สูงขึ้น ใหญ่ขึ้น หรือแข็งแกร่งขึ้นได้อีก

สามารถเพิ่มความถี่ได้หรือไม่

สามารถทำให้เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า หรือทำเป็นสำเนาหลายชุดได้หรือไม่

สามารถเพิ่มลักษณะพิเศษที่ทำให้เด่นชัดหรือเพิ่มในแง่ของมูลค่าได้หรือไม่

คำหลักๆ ที่ใช้ Amplify = ขยาย/เพิ่มรายละเอียด, augment = เพิ่มพูน, boost = ส่งเสริม, enlarge = ทำให้ใหญ่ขึ้น, expand = ขยาย/เพิ่ม, extend = ยืดออกไป/ต่ออายุการใช้งาน, grow = พัฒนา/เติบโต, heighten = เพิ่ม, increase = เพิ่ม, intensify = รุนแรงยิ่งขึ้น/ทำให้หนาแน่นขึ้น, lengthen = ทำให้ยาวขึ้น, make seem more important = ทำให้เกินความเป็นจริง, multiply = เพิ่มจำนวน, overemphasize, overstress = เน้นย้ำเป็นพิเศษ, raise = ทำให้เพิ่มขึ้น/ยกขึ้น, strengthen = แข็งแรงขึ้น, stretch out = ยืดออกไป

5. Put to Other Uses ประยุกต์ใช้ นำไปใช้อื่นๆ คุณอาจจะนำแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้หรือใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างออกไป หรือทำให้คิดถึงสิ่งที่อาจจะนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อแก้ปัญหาได้ ซึ่งหลายครั้งแนวคิดที่ยืดเยื้อก็เกิดขึ้นจากการทำอะไรที่ต่างออกไปจากสิ่งที่คิดไว้ครั้งแรก

ตัวอย่างคำถาม

สามารถนำมาใช้กับกลุ่มคนที่ต่างไปจากกลุ่มตามวัตถุประสงค์เดิมได้หรือไม่

ถ้าเปลี่ยนผู้ใช้งาน เด็กใช้ หรือผู้ใหญ่ใช้จะต่างกันอย่างไร

คนที่มีความพิการแตกต่างกันออกไปจะใช้งานได้หรือไม่ อย่างไร

มีวิธีการใหม่ๆ ที่จะใช้งานจากรูปทรงหรือรูปแบบเดิมของผลิตภัณฑ์ได้

หรือไม่

ถ้าไม่รู้รายละเอียดอะไรเลย คุณจะเข้าใจหรือหาทางออกได้ไหม

สามารถนำแนวคิดนี้ไปใช้ในธุรกิจหรืออุตสาหกรรมอื่นได้หรือไม่

คำหลักๆ ที่ใช้ Abuse = ใช้ผิดวัตถุประสงค์หลัก, apply = นำไปใช้กับสิ่งอื่น, avail yourself of = ใช้ประโยชน์หรือข้อได้เปรียบเพื่อตัวเอง, Behave = ปฏิบัติ/พฤติกรรมการใช้งาน, benefit = ประโยชน์ที่จะได้รับ, bring into play = นำมาใช้, contextualize = เข้าใจโครงสร้างอย่างถ่องแท้, deplete = ทำให้หมดสิ้น, draw on consume = วาดภาพ/จินตนาการถึงการใช้งาน, employ = ว่าจ้าง, enjoy = ใช้อย่างเต็มที่/เพลิดเพลิน, exercise = ดำเนินการ, exhaust = ใช้ให้หมด, expand = ใช้หมด, exploit = ใช้ประโยชน์, get through = ผ่าน/สำเร็จ/ชนะ, handle = จัดการ, luxuriate = สะดวกสบาย, make use of = ใช้งานสิ่งที่มีอยู่แล้ว, manage = บริหารจัดการ, manipulate = จัดการอย่างมีประสิทธิภาพ, mistreat = ใช้ผิดวิธี/ทำไม่ได้, operate = ปฏิบัติ, reposition =

เปลี่ยนแปลง, source = ต้นกำเนิด, spend = ใช้เงิน/ใช้เวลา, take advantage of = ใช้ประโยชน์จากสิ่งอื่นๆ, take pleasure in = ความสุข/เพลิดเพลิน, tap = เครื่องมือ/อุปกรณ์, treat = การปฏิบัติ/ทำตามกระบวนการ, use up = ใช้ให้หมดไป, utilize = ทำให้เป็นประโยชน์, waste = ของเสีย/ขยะ, wear out = ใช้จนเสีย/ชำรุด, work = ทำให้ใช้งานได้

6. Eliminate (or Minify) ทำให้น้อยลง ขจัดขั้นตอนหรือลดความซับซ้อนของสิ่งที่คุณคิดขึ้นมาได้ซึ่งคุณจะได้สิ่งที่ทำหายที่สำคัญที่สุดขึ้นมาจากการตัดแต่งความคิด สิ่งของ/วัตถุและบริการบางอย่างออกไป

ตัวอย่างคำถาม

จะทำให้มันง่ายขึ้นได้อย่างไร

มีชิ้นส่วนใดที่สามารถเอาออกมาได้โดยไม่กระทบหลักการทำงานเดิม

มีอะไรไม่สำคัญ หรือไม่จำเป็นที่สามารถตัดออกไปได้

สามารถขจัดกฎเกณฑ์นี้ออกไปได้หรือไม่

มีผลกระทบหรือไม่ถ้าทำให้เล็กกว่าเดิม

มีคุณลักษณะอะไรบ้างที่สามารถลดลงหรือยกเลิกไป

ควรจะแยกส่วนที่แตกต่างกันออกจากกันหรือไม่

สามารถอัดแน่นกว่าเดิม หรือทำให้เล็กลงได้หรือไม่

คำหลักๆ ที่ใช้ Abolish = ล้มเลิก, control/curb = ควบคุม, disregard = เลิกสนใจ, throw out/get rid of/do away with = ขจัดออกไป/ล้มเลิกไป, eradicate = กำจัดจนหมดสิ้น, exclude = แยกออกไป, excrete = ขจัดให้หมด, expel/remove/purge = ลบออก/ถอดออก, exterminate/wipe out/destroy = ทำลาย, jettison = กำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการ, kill/liquidate = หยุด/ฆ่า, lessen = ลดลง, limit/restraint/restrict = จำกัด, lower/moderate = ลดลง, modulate = เปลี่ยนแปลง, pass = เปลี่ยนจาก, play down = ลดความสำคัญลง, reduce/temper = ลดลง, reject = ปฏิเสธ, shorten = ทำให้สั้นลง, simplify = ทำให้ง่ายขึ้น, tone down = ปรับลด, underemphasize = ลดความสำคัญลง, waste = ไม่ได้ใช้ประโยชน์

7. Rearrange (or Reverse) จัดเรียงใหม่ หรือทำสิ่งที่ตรงกันข้าม คุณจะทำอย่างไรถ้าส่วนหนึ่งของปัญหา หรือผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการ ทำงานแบบตรงกันข้ามหรือแตกต่างไปจากขั้นตอนเดิม

ตัวอย่างคำถาม

มีอะไรที่จัดเรียงใหม่แล้วอาจจะดีขึ้นกว่าเดิม

สามารถสลับชิ้นส่วนได้หรือไม่

มีแบบหรือโครงงานหรือขั้นตอนการทำงานอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้อีก

หรือไม่

ทำให้เกิดการสับเปลี่ยนได้หรือไม่ และจะมีผลกระทบอย่างไร

เปลี่ยนความเร็ว หรือเปลี่ยนตารางเวลาการขนส่งได้หรือไม่

สามารถสลับระหว่างบวกและลบได้หรือไม่

จะเปลี่ยนอย่างไรให้เกิดความสำเร็จมากขึ้น จะตั้งแนวตรงหรือแนวนอน
สลัดกันได้หรือไม่

ถ้าทำแบบถอยกลับ ย้อนหลังได้หรือไม่

ถ้าทำตรงกันข้ามกับวัตถุประสงค์เดิมที่กำหนดไว้ จะเป็นอย่างไร

คำหลักๆ ที่ใช้ Adjourn = เลื่อน, annul = ประจำปี, change the date = เปลี่ยนวันที่, change = เปลี่ยน
delay/postpone/put off = ล่าช้า, drive backward/go backward/move backward = ถอยหลังกลับ/ย้อนไปข้างหลัง, invalidate = พิสูจน์ให้เห็นว่าไม่จริง, invert = สับเปลี่ยน,
move/relocate/transpose = เคลื่อนย้าย/ย้ายที่ใหม่, overturn = คว่ำ, readjust/rearrange = ปรับแก้ไขใหม่, render null and void = ทำให้เป็นโมฆะ, reorder = สั่งใหม่, reorganize = จัดระบบใหม่, repeal = ยกเลิก, reposition = สลับตำแหน่งใหม่, reschedule = จัดตารางเวลาใหม่, reshuffle = สับเปลี่ยน, retreat/with draw = ถอย, swap = แลกเปลี่ยน, switch = สับเปลี่ยน, turn around = เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น, undo = ยกเลิก

ชัชฎา ทรรณลักษณ์ (2560) การตั้งคำถามด้วยเทคนิคสแคมเพอร์

1. S ย่อมาจาก Substitute หมายถึงการแทนที่หรือการทดแทน คำถามมีดังนี้

สามารถหาของมาแทนที่หรือเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่

สามารถเปลี่ยนผู้ที่เกี่ยวข้องได้หรือไม่

สามารถเปลี่ยนกฎเกณฑ์ได้หรือไม่

สามารถใช้ส่วนผสมหรือวัตถุดิบอื่นๆ ได้หรือไม่

สามารถใช้กระบวนการหรือขั้นตอนการทำงานอื่นๆ ได้หรือไม่

สามารถเปลี่ยนรูปทรงได้หรือไม่

2. C ย่อมาจาก Combine หมายถึง การผสมผสาน คำถามมีดังนี้

สามารถผสมผสานแนวคิดใดได้บ้าง

สามารถผสมผสานจุดมุ่งหมายได้หรือไม่

สามารถผสมผสานความหลากหลายได้หรือไม่

3. A ย่อมาจาก Adapt หมายถึง การปรับเอาสิ่งมาใช้ คำถามมีดังนี้

มีสิ่งใดเหมือนกับสิ่งนี้บ้าง

สิ่งนี้เสนอแนวคิดอื่นใดได้อีก

สามารถปรับกระบวนการใดมาใช้ได้บ้าง

4. M ย่อมาจาก Modify Magnify หมายถึงการดัดแปลง และการขยาย คำถามมี

ดังนี้

สามารถต่อยอดสิ่งใดเพิ่มเติมได้บ้าง

อะไรที่สามารถเพิ่มคุณค่าให้สูงขึ้นได้

5. P ย่อมาจาก Put to Other use หมายถึง การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น มีคำถามดังนี้

สามารถนำไปใช้ในรูปแบบอื่นได้หรือไม่

สามารถนำมาใช้กับกลุ่มคนที่ต่างไปจากกลุ่มตามวัตถุประสงค์เดิมได้หรือไม่

มีวิธีการใหม่ๆ ที่จะใช้งานจากรูปทรงหรือรูปแบบเดิมได้หรือไม่

- ถ้าไม่รู้รายละเอียดอะไรเลย คุณจะเข้าใจหรือหาทางออกได้ไหม
6. E ย่อมาจาก Eliminate หมายถึง การกำจัดหรือการตัดออก มีคำถามดังนี้
จะทำให้มันง่ายขึ้นได้อย่างไร
มีอะไรไม่สำคัญ หรือไม่จำเป็นที่สามารถตัดออกไปได้
สามารถจัดกฎเกณฑ์นี้ออกไปได้หรือไม่
มีผลกระทบหรือไม่ถ้าทำให้เล็กกว่าเดิม
มีคุณลักษณะอะไรบ้างที่สามารถลดลงหรือยกเลิกไป
ควรจะแยกส่วนที่แตกต่างกันออกจากกันหรือไม่
7. R ย่อมาจาก Rearrange/Reverse หมายถึง การเรียงเรียงใหม่ การย้อนกลับ มี
คำถามดังนี้
มีอะไรที่จัดเรียงใหม่แล้วอาจจะดีขึ้นกว่าเดิม
สามารถสลับได้หรือไม่
มีแบบหรือโครงงานหรือขั้นตอนการทำงานอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้อีก
หรือไม่
ทำให้เกิดการสับเปลี่ยนได้หรือไม่ และจะมีผลกระทบอย่างไร
ถ้าทำตรงกันข้ามกับวัตถุประสงค์เดิมที่กำหนดไว้ จะเป็นอย่างไร

จากการศึกษาเทคนิคสแคมเพอร์ในการพัฒนาการคิดผู้วิจัยสรุปได้ว่า ในการพัฒนาการคิด โดยใช้เทคนิคสแคมเพอร์ด้วยคำถามดังต่อไปนี้ 1. การทดแทน Substitute เป็นคำถามเกี่ยวกับการหาสิ่งมาทดแทนหรือ มองหาสิ่งใหม่ ๆ 2. การรวมกัน Combine เป็นคำถามเกี่ยวกับการรวมปัญหาสองส่วนหรือมากกว่านั้นเข้าด้วยกันเพื่อสร้างสิ่งใหม่ 3. การปรับใช้ Adapt เป็นคำถามเกี่ยวกับการนำความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วมาปรับใช้ 4. การดัดแปลง หรือ การขยาย Modify or Magnify เป็นคำถามเกี่ยวกับวิธีการที่จะขยายความคิดหรือคิดในสิ่งที่มันเกินความจริง 5. การประยุกต์ใช้ Put to Other use เป็นคำถามเกี่ยวกับประยุกต์ใช้หรือใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างออกไป หรือทำให้คิดถึงสิ่งนี้อาจจะนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อแก้ปัญหา 6. การตัดออก Eliminate เป็นคำถามเกี่ยวกับการลดขั้นตอนหรือความซับซ้อนของสิ่งที่คุณคิดขึ้นมาได้ 7. จัดเรียงใหม่ หรือทำสิ่งที่ ตรงกันข้าม Rearrange/Reverse เป็นคำถามเกี่ยวกับการเรียงเรียงใหม่อย่างไรให้ดีขึ้นกว่าเดิม

6.4 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนค้นหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยมีผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้อื่น โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด และนักเรียนมีบทบาททบทวนความรู้เดิม เกิดความสงสัยและให้ความสนใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง สังเกต

และฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติกิจกรรมการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้รับ โดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และครูมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง

แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง การบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ไปแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อสร้างชิ้นงาน

เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER Technique) หมายถึง เป็นเทคนิคที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สร้างความคิดใหม่ หรือปรับปรุงความคิดเดิม โดยการตั้งคำถามเพื่อระดมความคิดช่วยให้เกิดความคิดที่หลากหลาย ประกอบด้วย

1. การทดแทน (Substitute, S) เป็นคำถามเกี่ยวกับการหาสิ่งใหม่มาทดแทนเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น มีความหลากหลายทั้งชนิด ประเภทของวัสดุ คุณสมบัติ ความยืดหยุ่นในการใช้งาน หลากหลายนุ่มนวล และแปลกใหม่มากที่สุด
2. การรวมกัน (Combine, C) เป็นคำถามเกี่ยวกับการรวมวัสดุอุปกรณ์หรือวิธีการเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
3. การปรับใช้ (Adapt, A) เป็นคำถามเกี่ยวกับการนำความคิดเดิมมาปรับใช้เพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
4. การดัดแปลง (Modify) เป็นคำถามเกี่ยวกับการดัดแปลงชิ้นงานเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
5. การประยุกต์ใช้ (Put to Other Use, P) เป็นคำถามเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนส่วนประกอบหรือเปลี่ยนวิธีการเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
6. การตัดออก (Eliminate, E) เป็นคำถามเกี่ยวกับการลดอุปกรณ์หรือลดขั้นตอนเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
7. การจัดเรียงใหม่ (Rearrange, R) เป็นคำถามเกี่ยวกับการจัดเรียงลำดับขั้นตอนใหม่เพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ (Inquiry-Based Learning According to the STEM Education Approach Integrated with the SCAMPER Technique) หมายถึง เป็นการจัดการเรียนการสอนบูรณาการ วิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมแทรกเข้าไปในชั้นของการจัดการเรียนรู้ สืบเสาะหาความรู้ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด และนักเรียนมีบทบาททบทวนความรู้เดิม เกิดความสงสัยและให้ความสนใจ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง สังเกต และฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติกิจกรรมการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นนำข้อมูลที่ได้อธิบาย แปรผลสรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) คณิตศาสตร์ (M) และด้านวิศวกรรม (E) มาบูรณาการแก้ปัญหาสถานการณ์โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนย่อยของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 1. ระบุปัญหาสถานการณ์ 2. รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. ดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้คำถามจากเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) เพื่อให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ครูมีบทบาทในการถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายและแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น ๆ และสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะกระบวนการที่ได้รับ โดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และครูมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองและประเมินความคิดสร้างสรรค์



ตารางที่ 15 แสดงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สู่สเปซหาคความรู้อตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคแคมเพอร์

การจัดการเรียนรู้สู่สเปซหาคความรู้อตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคแคมเพอร์	การจัดการเรียนรู้สู่สเปซหาคความรู้อ (Inquiry-Based Learning)	แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	เทคนิคแคมเพอร์ (SCAMPER technique)
<p>ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) จัดกิจกรรมสร้างความสนใจโดยนักเรียนได้ทดลองและครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนสำรวจค้นหาด้วยตนเอง</p>	<p>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดและนักเรียนมีบทบาทหาหนาคความรู้อเดิม เกิดความสงสัยและให้ความสนใจ</p>		
<p>ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) จัดกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สำรวจค้นหาโดยปฏิบัติทดลอง</p>	<p>ขั้นสร้างความสนใจ (Exploration) เป็นขั้นในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติทดลอง โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมทดลอง สังเกตและฟังการโต้ตอบของนักเรียน และนักเรียนมีบทบาทปฏิบัติกิจกรรมทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์</p>		

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์	การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)	แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER technique)
<p>ขั้นที่ 3 ชื่นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) จัดกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปรผล และสรุปด้วยตนเอง</p>	<p>ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) เป็นผู้นำข้อมูลที่ได้อธิบาย แปรผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบรวม และนักเรียนมีบทบาทอธิบายข้อมูลที่ได้อธิบายจากบันทึก สังเกต รวมถึงฟังคำอธิบายของคนอื่น</p>	<p>บูรณา 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ไปแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อสร้างชิ้นงาน โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการ</p> <p>1. ระบุปัญหาสถานการณ์</p>	
<p>ขั้นที่ 4 ชื่นขยายความรู้ (Elaboration) จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการสำรวจ และค้นหา มาเชื่อมโยงบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์และจัดกิจกรรมด้วย</p>	<p>ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ถามคำถามนักเรียนว่า ได้เรียนรู้อะไรบ้าง และนักเรียนมีบทบาทใช้ข้อมูลเดิมในการอธิบายสถานการณ์ใหม่ ลงข้อสรุปอย่าง</p>		

<p>การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคแคมเพอร์</p>	<p>การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)</p>	<p>แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)</p>	<p>เทคนิคแคมเพอร์ (SCAMPER technique)</p>
<p>การสร้างคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยคำถามจากเทคนิคแคมเพอร์</p>	<p>สมเหตุสมผล รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อนอื่น ๆ</p>	<p>2. รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับปัญหา</p> <p>3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>4. ทดสอบชิ้นงาน</p>	<p>ปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้คำถามจากเทคนิคแคมเพอร์ (SCAMPER) เพื่อให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น</p> <p>1. การทดแทน (Substitute, S) เป็นคำถามเกี่ยวกับการหาลิขิตใหม่มาทดแทนเพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น มีความหลากหลาย</p>
		<p>5. ปรับปรุงชิ้นงาน</p>	

<p>การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหา ความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคม เพอร์</p>	<p>การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)</p>	<p>แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)</p>	<p>เทคนิคสแคมเพอร์ (SCAMPER technique)</p>
			<p>ทั้งชนิด ประเภทของวัสดุ คุณสมบัติ ความยืดหยุ่นใน การใช้งาน หลากหลาย มุมมอง และแปลกใหม่ มากที่สุด</p> <p>2. การรวมกัน (Combine, C) เป็นคำถามเกี่ยวกับการ รวมวัสดุ อุปกรณ์ หรือ วิธีการเพื่อให้ชิ้นงานมี ความแม่นยำมากยิ่งขึ้น</p> <p>3. การปรับใช้ (Adapt, A) เป็นคำถามเกี่ยวกับการนำ ความคิดเดิมมาปรับใช้ เพื่อให้ชิ้นงานมีความ แม่นยำมากยิ่งขึ้น</p> <p>4. การดัดแปลง (Modify, M) เป็นคำถามเกี่ยวกับ</p>

<p>การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหา ความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาร่วมกับเทคนิคสแอมเปอร์</p>	<p>การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)</p>	<p>แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)</p>	<p>เทคนิคสแอมเปอร์ (SCAMPER technique)</p>
			<p>การดัดแปลงชิ้นงานเพื่อให้ มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น</p> <p>5. การประยุกต์ใช้ (Put to Other Use, P) เป็น คำถามเกี่ยวกับ ประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยน ส่วนประกอบหรือเปลี่ยน วิธีการเพื่อให้ชิ้นงานมี ความแม่นยำมากยิ่งขึ้น</p> <p>6. กำ ร ด้ ด อ ก (Eliminate, E) เป็นคำถาม เกี่ยวกับการลดอุปกรณ์ หรือลดขั้นตอนเพื่อให้ ชิ้นงานมีความแม่นยำมาก ยิ่งขึ้น</p> <p>7. การจัดเรียงใหม่ (Rearrange, R) เป็น คำถามเกี่ยวกับการจัด</p>

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษารวมกับเทคนิคสแคมเปอร์	การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)	แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER technique)
<p>ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ และทักษะกระบวนการที่ได้รับการจัดการเรียนรู้</p>	<p>ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นการประเมินความรู้ ทักษะ กระบวนการที่ได้รับ โดยนักเรียนมีบทบาทประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้รวมถึงแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และคุณมีบทบาทกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง และประเมินความคิดสร้างสรรค์</p>	<p>6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา</p>	<p>เรียงลำดับขั้นตอนใหม่ เพื่อให้ชิ้นงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น</p>

ตารางที่ 16 แสดงบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ร่วมกับนักเทคโนโลยีแคมเพอร์

การจัดการเรียนรู้อิงสะเต็มศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีแคมเพอร์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดทบทวนความรู้เดิม และกระตุ้นให้เกิดความสนใจและตั้งคำถามในเรื่องที่สนใจ	แสดงความสนใจและตั้งคำถามเพื่อค้นหาคำตอบ
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง ฟังและสังเกตการโต้ตอบของนักเรียน	ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อค้นหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดด้วยตนเอง	อธิบายด้วยความเข้าใจของข้อมูลที่ได้จากการบันทึก สังเกต และฟังคำอธิบายของผู้อื่น
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	ส่งเสริมให้นักความรู้ที่ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่	นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างชิ้นงานใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยใช้เทคนิคแคมเพอร์ฝึกคิดให้ชิ้นงานมีความหลากหลายทั้งชนิด ประเภทของวัสดุ คุณสมบัติ ความยืดหยุ่น ในการใช้ งาน หลากหลายมุมมอง และแปลกใหม่มากที่สุด
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	สังเกตและประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน	แสดงความรู้ ความเข้าใจหรือทักษะ และประเมินตนเอง

7. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

7.1 ความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

Good (1973) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง คุณภาพสภาพหรือระดับความพึงพอใจซึ่งเป็นผลจากความสนใจต่างๆ และทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

พาลีหะ ละสา (2561) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ว่า ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นความรู้สึกชอบและพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกและความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านต่างๆ เช่น วิธีการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ต่อการจัดการเรียนรู้หลังจากผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้

7.2 การวัดความพึงพอใจ

อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ (2535) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้หลายวิธี ดังนี้

1. การสังเกต เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการแสดงออกทางการพูด การแสดงออกทางกิริยาท่าทาง วิธีนี้ผู้สอบถามต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2. การสัมภาษณ์ เป็นการวัดความพึงพอใจซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้สอบถามได้รับข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การใช้แบบสอบถาม เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะต้องออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็นจากบุคคลเป้าหมาย ซึ่งสามารถทำได้โดยรูปแบบได้แก่ ลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ โดยคำถามดังกล่าวอาจเป็นคำถามความพึงพอใจในด้านต่างๆ เช่น การควบคุมงาน การบริการ และเงื่อนไขต่างๆ เป็นต้น

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2536) กล่าวถึง การวัดเกี่ยวกับความพึงพอใจว่าสามารถวัดได้ 2 ลักษณะ คือ

1. การวัดแบบอัตนัย (Subjective measurement) เป็นการทดสอบกลุ่มและความสัมพันธ์ภายในกลุ่มที่เรียกว่า สังคมมิติ (Sociometry) เพื่อศึกษาถึงการยอมรับและไม่ยอมรับความชอบและไม่ชอบระหว่างสมาชิกในกลุ่ม

2. การวัดแบบปรนัย (Objective measurement) โดยการใช้แบบสอบถาม ซึ่งวัดสังคมมิติ และแบบสอบถามมาตรฐานประมาณค่า เจตคติรวมทั้งการสัมภาษณ์ ตัวบ่งชี้ถึงความพึงพอใจต่ำ ได้แก่ การหยุดงาน การลาออก การขาดงาน ความเบื่อหน่ายในการทำงาน เป็นต้น

รวีวรรณ ชินะตระกูล (2542) ได้กล่าวว่าความพึงพอใจเป็นคุณลักษณะทางจิตของบุคคลที่ไม่อาจวัดได้โดยตรงการวัดความพึงพอใจจึงเป็นการวัดโดยอ้อมวิธีการวัดความพึงพอใจ สามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะคำตอบให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจถามถึงความพึงพอใจในด้านต่างๆ เช่น การบริหารการควบคุมงานและเงื่อนไขต่างๆ

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูดหรือการทำทางวิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจังและการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

ศจี อนันต์นพคุณ (2542) กล่าวถึงวิธีการวัดความพึงพอใจว่า สามารถใช้วิธีการสำรวจเป็นเครื่องวัดก็ได้ ซึ่งมีวิธีการ 4 วิธี คือ

1. การสังเกตการณ์ (Observation) โดยผู้บริหารสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน จากการแสดงออก การฟังจากการพูด สังเกตจากการกระทำ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาวิเคราะห์

2. การสัมภาษณ์ (interviewing) เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจ โดยการสัมภาษณ์จะต้องเผชิญหน้ากันเป็นส่วนตัวหรือสนทนากันโดยตรงแลกเปลี่ยนข่าวสารและความคิดเห็นต่างๆ ด้วยวาจา

3. การออกแบบสอบถาม (Questionnaires) เป็นวิธีที่นิยมกันมากโดยให้ผู้ปฏิบัติงานแสดงความคิดเห็นเป็นความรู้สึกลงในแบบทดสอบ การสร้างคำถามต้องพิจารณาอย่างดีเพื่อที่จะตั้งคำถามให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ได้ทั้งหมด และลักษณะของคำถามจะต้องให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจสมบูรณ์ครบถ้วน

4. การเก็บบันทึก (recording keeping) เป็นการเก็บประวัติเกี่ยวกับ การปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนในเรื่องเกี่ยวกับผลงาน การร้องทุกข์ การขาดงาน การลางาน การฝ่าฝืนระเบียบวินัยและอื่นๆ

รัชวลี วรวุฒิ (2548) ได้กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจไว้ดังนี้

1. การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง โดยการร้องขอหรือขอความร่วมมือ จากกลุ่มบุคคลที่ต้องการวัด แสดงความคิดเห็นลงในแบบฟอร์มที่กำหนดคำตอบไว้ให้เลือกตอบหรือคำตอบอิสระโดยคำถามอาจจะถามถึงความพึงพอใจในด้านต่างๆ ที่หน่วยงานกำลังให้บริการอยู่ เช่น ลักษณะของการให้บริการ สถานที่ให้บริการ บุคลากรที่ให้บริการ เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้บริการซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจงใจให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับข้อเท็จจริง การวัดความพึงพอใจโดยวิธีสัมภาษณ์นับว่าเป็นวิธีที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง

3. การสังเกต เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้โดยวิธีสังเกตจากพฤติกรรมทั้งก่อนมารับบริการ ขณะรอรับบริการและหลังจากการได้รับบริการแล้ว เช่น การสังเกตดูปฏิกริยาท่าทาง การพูด สีหน้า และความถี่ของการมารับบริการ เป็นต้น การวัด

ความพึงพอใจด้วยวิธีนี้ ผู้วัดจะต้องกระทำอย่างจริงจังและมีแบบแผนที่แน่นอน จึงจะสามารถประเมินถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาการวัดความพึงพอใจผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้จากการสังเกตทั้งการพูด การแสดงออกทางกิริยาท่าทาง การสัมภาษณ์ รวมถึงการใช้แบบสอบถามในด้านต่างๆ ได้หลายรูปแบบ ได้แก่ กำหนดคำตอบให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามเป็นการวัดความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ออกเป็น 4 ด้าน เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้และการสอน สื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล

7.3 การประเมินความพึงพอใจ

มนต์ชัย เทียนทอง (2548) ได้กล่าวถึงแนวทางที่ใช้ในการกำหนดประเด็นคำถามที่นิยมใช้ มีอยู่ 2 แนวทาง

1. แนวทางการประเมินภาพรวมทั่ว ๆ ไป เช่น สอบถามเกี่ยวกับส่วนนำเข้าส่วนประมวลผลและส่วนที่แสดงผล โดยพิจารณารายละเอียดแต่ละส่วน ว่ามีข้อคำถามใดบ้าง ที่จะสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้บทเรียน

2. แนวทางการใช้ทฤษฎีประเมินผล เช่น อาจประยุกต์ใช้ CIPP model หรือ Alkin model เป็นต้น โดยสามารถนำทฤษฎีประเมินผลที่มีอยู่มากำหนดกรอบในการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนเกี่ยวกับสาระ (context) ส่วนนำเข้า (input) ส่วนประมวลผล (process) และผลผลิต (product) เป็นต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะนิยมใช้แบบสอบถามมากกว่าการสัมภาษณ์ โดยการกระทำกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ที่ใช้บทเรียนโดยตรง เพื่อประเมินความพึงพอใจหลังจากที่ทดลองใช้บทเรียนแล้ว ผลที่ได้จากการประเมินจะเป็นดัชนีบ่งชี้ความพึงพอใจของผู้เรียน

แบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าซึ่งมี 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย พึงพอใจน้อยที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
พึงพอใจมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

เกณฑ์การแปลผลดังนี้

4.51 – 5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

จากการศึกษาการประเมินความพึงพอใจผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวทางที่ใช้ในการกำหนดประเด็นคำถามได้แก่ แนวทางการประเมินภาพรวมทั่ว ๆ ไป เช่น มีข้อคำถามใดบ้าง ที่จะสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจในการเรียน การเก็บรวบรวมข้อมูลจะนิยมใช้แบบสอบถามมากกว่าการสัมภาษณ์ เพื่อประเมินความพึงพอใจหลังจากที่ทดลองการจัดการเรียนการสอน ผลที่ได้จากการประเมินจะเป็นดัชนีบ่งชี้ความพึงพอใจของผู้เรียน งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าซึ่งมี 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย พึงพอใจน้อยที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
พึงพอใจมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

นัสรินทร์ บือชา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest – Posttest Design) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

สายหยุด อุไรสกุล (2558) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้การวิจัยเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิค SCAMPER มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เพื่อศึกษา

กระบวนการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิคสแคมเปอร์ SCAMPER และเพื่อสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มทดลองเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอน กลุ่มทดลองที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการระเบียบวิธีวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2555 รูปแบบวิธีวิจัย One Group Pretest – Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การวิจัยเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิค SCAMPER แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ก่อนและหลังการทดลองคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิค SCAMPER ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ส่วนด้านกระบวนการเรียนรู้ต้องใช้เทคนิค SCAMPER เพื่อกระตุ้นให้กลุ่มทดลองได้ใช้ความคิดที่หลากหลายภายใต้การสร้างคำถามที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมุมมองในการพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วให้เปลี่ยนไปในรูปแบบอื่น ๆ เพิ่มขึ้น เป็นการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการคิดเชิงสร้างสรรค์

อับดุลยามีน หะยีซาเดร์ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 48 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Sample Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม แบบแผนในการทดลองครั้งนี้ ใช้การทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest – Posttest Design) และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนาม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

ชนินาถ ธงชัย (2561) ได้ศึกษาผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับเกณฑ์ระดับดี โดยมีกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 29 คน โรงเรียนวังประจวบวิทยา และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง คลื่น ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รวีวรรณ สุขสาร และดร. ไพบุลย์ สุทธิ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถทางความคิดสร้างสรรค์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนกันทรารมณีน อําเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 34 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 15 คาบ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย เลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานอยู่ในระดับมาก

ศิริณญา พรหมคำ (2563) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืชเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนบรบือวิทยาคาร จำนวน 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงานและ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ One-Sample t-test ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 คิดเป็นร้อยละ 40.0 และหลังเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.8 คิดเป็นร้อยละ 90.0 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุธาณี กรุดเงิน (2563) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 3) ศึกษาเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 9 คน ที่ได้มาจากสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้บูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จำนวน 3 ข้อ 3) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบวิลคอกซัน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง

เสาวภาคย์ พรสุริวงศ์ (2563) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ กับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 37 คน โรงเรียนเบญจมราชสกล 2 จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร และคณะ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม

รูปแบบสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอ่างศิลาพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที่แบบสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกัน และการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มเดียว ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยร้อยละ 77.27 และมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 77.08 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

น้ำฝน คุณเจริญไพศาล และคณะ (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และศึกษาผลการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เรื่องการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 3) แบบประเมินผลงานการประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้ 4) แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ชุดกิจกรรมประกอบด้วย 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ออกแบบชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์จากวัสดุเหลือใช้ กิจกรรมที่ 2 ประดิษฐ์ชิ้นงานจากวัสดุเหลือใช้ และกิจกรรมที่ 3 นำเสนอชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และการทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด 2) ผลการเรียนรู้ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 72.92 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ 3) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิชนันท์ คำตา (2566) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Iskandar et al. (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการประยุกต์ใช้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM) กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 90 คน แบ่งออกเป็น 3 ชั้นเรียน ได้แก่ กลุ่มทดลองที่ 1 (EC1) สำหรับการเรียนรู้ตามสะเต็ม, กลุ่มทดลองที่ 2 (EC 2) สำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (SEM) และ กลุ่มควบคุม (CC) ระเบียบวิธีวิจัยเป็นกึ่งทดลองที่มีการออกแบบการควบคุมก่อน -หลัง ผลการวิจัยพบว่าการเรียนรู้แบบสะเต็มช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ได้ 0.663 หรือ 66.3% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสะเต็มมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน รวมถึงเพิ่มประสบการณ์แก่นักเรียนในการทำงานร่วมกันระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้

Seyide Eroglu (2022) ได้ศึกษาผลของการศึกษาการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่องอะตอมและตารางธาตุของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 งานวิจัยนี้มีรูปแบบวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 133 คนในเมืองตุรกี แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (EGs) และกลุ่มควบคุม (CGs) ทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงขึ้นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Tuba Altıparmak & Özlem Eryılmaz-Muştu (2020) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมที่ใช้เทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แรงจูงใจ และทัศนคติต่อบทเรียนวิทยาศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายในบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แรงจูงใจ และทัศนคติของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 33 คน ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดกิจกรรมที่ใช้เทคนิคแคมเปอร์ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย จำนวน 16 ชั่วโมง และกลุ่มควบคุมเรียนตามหลักสูตรปกติ แบบวัดทัศนคติต่อบทเรียนวิทยาศาสตร์ แบบวัดแรงจูงใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรม

เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแรงจูงใจมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทัศนคติต่อบทเรียนวิทยาศาสตร์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

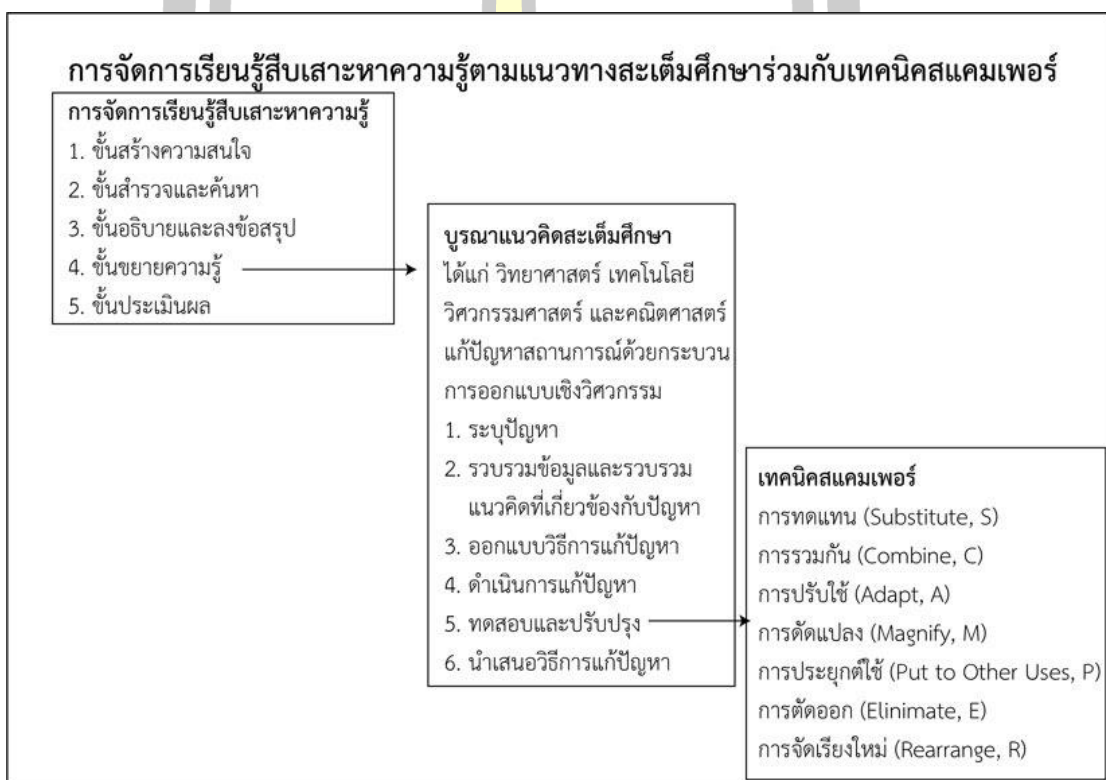
Rasol Abdullah Mirzaie (2023) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมต้นหญิง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหญิง ประชากรประกอบด้วยนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนมัธยมต้นในเมือง Qarchak และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมต้นหญิงจำนวน 143 คน ที่ได้รับการคัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างในสองกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง นักเรียนในกลุ่มทดลองได้รับการศึกษาสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องพลังงานและการแปลงพลังงาน ผลงานวิจัยพบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น ผลต่อองค์ประกอบย่อยของความคิดสร้างสรรค์มีความแตกต่างกันโดยมีความคิดยืดหยุ่นสูงสุด ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ และความคิดคล่อง ตามลำดับ

Jong Boonpracha (2023) ได้ศึกษาเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างความคิดออกแบบผลิตภัณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาโดยใช้เทคนิคสแคมเปอร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา อายุระหว่าง 20 – 22 ปี กำลังเรียนรายวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า การใช้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ช่วยให้นักศึกษาสามารถสร้างความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ไขปัญหาได้

จากการศึกษาวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในระหว่างเรียน และนักเรียนได้ฝึกคิดหลากหลายโดยที่ไม่ได้จำกัดขอบเขตของการคิดสามารถพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ยังช่วยสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์โดยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการคิดเชิงสร้างสรรค์ที่หลากหลาย มีมุมมองในการพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจจะนำการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้สูงขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและเทคนิคสแคมเพอร์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เป็นการจัดการเรียนการสอนบูรณาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมแทรกเข้าไปในชั้นของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ ซึ่งผู้วิจัยสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังนี้



พูน ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยที่มุ่งพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไปนี้

1. ประชากรและตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. เก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จำนวน 8 ห้อง จำนวนนักเรียน 314 คน ครอบคลุมความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน

2 ตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 39 คน ครอบคลุมความสามารถ เก่ง ปานกลาง อ่อน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ วิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง

2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้านของความคิดสร้างสรรค์ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง และความคิดละเอียดลออ

2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2.4 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุม 4 ด้าน คือ ด้านบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 24 ข้อ

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์ เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 9 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือโดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

3.1.2 วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมงที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
1. ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุกลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิมผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมีเวลามีเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบเรียกว่า คาบ และมีการกระจัดสูงสุดเรียกว่า แอมพลิจูดของการเคลื่อนที่คงตัว คาบ(period) คือเวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นจนกลับมาตำแหน่งเดิมเป็นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบ มีหน่วยเป็นวินาที	1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ (K) 2. นักเรียนสามารถลงความ คิด เห็นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของมวลติดปลายสปริง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ได้ (P) 3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างขึ้น ้งาน อย่าง สร้างสรรค์เพื่อโหนเชือกเข้าไปภายในลำได้อย่างปลอดภัย (P) 4. นักเรียนมีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A)	ณ ป่าแห่งหนึ่งที่มีบรรยากาศเงียบสงบ กลางป่าแห่งนี้มีถ้ำลึกกลับ ตำนานเล่าขานว่าภายในถ้ำแห่งนี้มีสมบัติอันล้ำค่ามากมาย นายอาทิตย์ซึ่งเป็นนักผจญภัยผู้กล้าหาญได้เดินทางมาถึงถ้ำแห่งนี้เพื่อตามล่าสมบัติ ทันใดนั้นนายอาทิตย์ก็เหยียบกับดักที่ถูกซ่อนไว้หน้าปากถ้ำเพื่อป้องกันไม่ให้สมบัติถูกขโมย ทำให้ถ้ำสั่นสะเทือนหลังจากนั้นหินที่มีขนาดเส้นผ่าน	2

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
	ความถี่ (frequency) คือจำนวนรอบของวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ หรือรอบต่อวินาที		ศูนย์กลาง 146 เซนติเมตร ลักษณะรูปร่างกลมและมีขนาดเท่ากันทุกก้อนได้หล่นลงมาอย่างสม่ำเสมอทีละก้อนอย่างต่อเนื่อง จำนวน 30 ก้อน ภายในระยะเวลา 1 นาที ลงมาปิดกั้นปากถ้ำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เมตรและมีความสูง 20 เมตร เขาจึงเดินสำรวจรอบ ๆ ด้านหน้าปากถ้ำนี้ พบว่ามีต้นไม้ใหญ่อยู่ โอกาสเดียวที่จะเข้าไปในถ้ำเพื่อทำภารกิจนี้ให้สำเร็จ ก่อนปากถ้ำจะปิดสนิท คือ การโยนเชือกให้แกว่งกลับไปกลับมา เข้าไปภายในถ้ำอย่างปลอดภัย	
2. การกระจัดของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	แผ่นวงกลมรัศมี A มีหมุดทรงกระบอกติดอยู่ที่ขอบกำลังหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω ทำให้หมุดเคลื่อนที่เป็นวงกลม และแผงโคมไฟฉายแสงในแนวตั้งทำให้เกิดเงาบนฉากด้านล่าง	1. นักเรียนสามารถอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่ายรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (K)	ในป่าแห่งหนึ่งอาณาจักรของทาชานกำลังรุ่งเรืองเหล่าทาชานกำลังเตรียมเฉลิมฉลองผู้นำคนใหม่โดยการสร้างรูปปั้นของผู้นำและลักษณะของ	1

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
	<p>จะพบว่าเงามีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา ซ้ำรอยเดิม มีคาบและแอมพลิจูดคงตัว ซึ่งเป็น การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย การกระทำกับเวลามีความสัมพันธ์ เป็นฟังก์ชันแบบไซน์ โดย ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีความสัมพันธ์ดังนี้</p> <p>กรณีเงาของหมุดมีการเคลื่อนที่จากตำแหน่ง เริ่มต้น $x=0$ ไปยัง ตำแหน่งใดๆ (x_t) การกระทำมีทิศไปทางขวา จะได้ตั้งสมการ</p> $x = A \sin \omega t \quad (1)$ <p>กรณีตำแหน่งเริ่มต้น หมุดเคลื่อนที่จากจุด a ไปแล้วเป็นมุม ϕ เงาของ หมุดไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่ง สมดุลเมื่อเวลาผ่านไป t หมุดเคลื่อนที่ต่อไปมีมุม เฟสเป็นมุม $(\phi + \omega t)$ เขียนสมการในรูปทั่วไป ได้ตั้งสมการ</p> $x = A \sin(\omega t + \phi) \quad (2)$	<p>2. นักเรียนสามารถ ลง ความ คิ ด เห็น เกี่ยวกับการกระจัด ของการเคลื่อนที่ แบบฮาร์มอนิกอย่าง ง่ายได้ (P)</p> <p>3. นักเรียนสามารถ ออกแบบและสร้าง ชิ้นงานเพื่อหาความ กว้างของฐานรูปปั้น ได้อย่างสร้างสรรค์ (P)</p> <p>4. นักเรียนมีความ ตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A)</p>	<p>ฐานรูปปั้นนี้เป็น วงกลม พวกเขาต้อง เคลื่อนย้ายรูปปั้นไป ตั้งไว้ที่หน้าผาสูงชัน แต่ก่อนนำรูปปั้นนี้ ไปตั้งที่หน้าผาพวกเขาต้องเจาะหินบน หน้าผาเป็นหลุมให้มี ขนาดเท่ากับฐาน ของรูปปั้นและมีความแม่นยำมาก ที่สุดเพื่อรองรับรูป ปั้นพอดี ในเวลา 12.00 น. แสงอาทิตย์ตก กระบตั้งฉากรูป ปั้นทำให้เกิดเงาบน พื้นดิน ทาซาน สังเกตเห็นว่าเงาที่ อยู่บนพื้นดินมีขนาด เท่ากับฐานของรูป ปั้น ในระหว่างที่ พวกเขาใช้เกวียนใน ขนย้ายรูปปั้นอยู่นั้น แสงตกกระทบตั้ง ฉากกับล้อเกวียน พบว่าเงาของล้อ เกวียนเคลื่อนที่ กลับไปกลับมาซ้ำ รอยการเคลื่อนที่ เดิม และมีการ กระจัดสูงสุดคงตัว วิธีการเดียวที่ทาซานจะเจาะหลุมบน</p>	

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
			หน้าผาให้มีขนาดเท่ากับฐานของรูปปั้นพอดีคือการใช้ประยุคต์ใช้เงาของล้อเกวียน	
3. ความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	<p>ความเร็วของเงาหาได้จากองค์ประกอบความเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็ว (v_0) ระยะเวลาใด ๆ (t) มีความสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันแบบโคไซน์ เมื่อ $\phi=0$ ดังสมการ</p> $v = \omega A \cos(\omega t + \phi) \quad (1)$ <p>ความเร่งของเงาหาได้จากความเร่งในแนวระดับของวัตถุ โดยที่ขนาดความเร่งของเงาเท่ากับขนาดความเร่งในแนวระดับของวัตถุแต่มีทิศตรงข้ามกับการกระจัด และความเร่งกับเวลาของเงาการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันแบบไซน์ เมื่อ $\phi=0$ ดังสมการ</p> $a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \phi) \quad (2)$	<p>1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความเร็วและความเร่งกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ (K)</p> <p>2. นักเรียนสามารถลงความคิดเห็นเกี่ยวกับความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้ (P)</p> <p>3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อหาความเร็วและทิศทางของลมได้อย่างสร้างสรรค์ (P)</p> <p>4. นักเรียนมีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A)</p>	<p>เด็กชายพนาและเพื่อน ๆ ไปตั้งแคมป์บนเนินเขาแห่งหนึ่งท่ามกลางธรรมชาติที่สวยงาม เป็นการตั้งแคมป์ครั้งแรกที่ตื่นตื่นและสนุกสนาน เด็กชายพนาได้เรียนรู้ว่าการตั้งแคมป์ที่ปักต้องตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัย เช่น ไม่อยู่ใต้ต้นไม้ใหญ่หรือต้นไม้ผู้พิง ไม่ตั้งอยู่ในแนวดินสไลด์หรือแนวหินเพราะจะทำให้สิ่งเหล่านี้หล่นมาทับได้ สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงคือไม่ตั้งที่ปักขวางทางลมเพราะหากลมแรงเกินไปอาจทำให้นอนผวาหรือที่ปักเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นเด็กชายพนาและเพื่อนจึงสร้างเครื่องมือวัดขนาดและทิศทางลมให้มีความแม่นยำที่สุด</p>	2

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
			เพื่อเลือกพื้นที่ในการตั้งแคมป์ให้มีความปลอดภัย	
4. การสั่นของมวลติดปลายสปริง	<p>กฎของฮุก (Hook's law) กล่าวว่า “เมื่อออกแรงดึงวัตถุติดปลายสปริงให้เคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยมือ จะมีแรงดึงวัตถุเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่งสมดุลอีกครั้ง และเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำรอยการเคลื่อนที่เดิมโดยที่มีความคาบและแอมพลิจูดคงตัว เรียกแรงนี้ว่าแรงดึงกลับ (Restoring Force) ซึ่งมีขนาดเท่ากับค่าตัวสปริงคูณกับขนาดของการกระจัด แต่มีทิศตรงข้ามกับทิศของการกระจัด” ดังสมการ</p> $F_{spring} = -kx \quad (1)$ <p>โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่าคงตัวสปริง มวลของวัตถุ ความถี่เชิงมุมได้ดังสมการ</p> $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$ <p>และเขียนสมการความสัมพันธ์ของค่าคงตัวสปริง มวลวัตถุ กับความถี่ และ คาบได้ดังสมการ</p>	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงกับการสั่นของมวลติดปลายสปริงได้ (K) นักเรียนสามารถทดลองหาค่าคงที่ของสปริงได้ (P) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อหามวลของวัตถุได้อย่างสร้างสรรค์ (P) นักเรียนมีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A) 	<p>ในช่วงวันหยุดยาว นายบีไปเดินป่าที่อุทยานแห่งหนึ่ง และได้เตรียมอุปกรณ์ของใช้จำเป็นสำหรับการเดินป่าใส่กระเป๋าเป้ขณะเดินป่าระหว่างทางนายบีต้องใช้เชือกโหนข้ามหน้าผาที่รองรับมวลได้ไม่เกิน 50 กิโลกรัม นายบีรู้แต่เพียงมวลของตัวเองซึ่งมีมวล 45 กิโลกรัม ใดๆก็ตามในการโหนเชือกข้ามหน้าผาเพื่อความปลอดภัย นายบีต้องแน่ใจว่ามวลของตัวเองรวมกับกระเป๋าเป้แล้วไม่เกิน 50 กิโลกรัม แต่นายบีไม่ได้นำเครื่องซึ่งมาด้วยจึงค้นดูกระเป๋าเป้พบว่า มีสปริง อยู่ในชุดอุปกรณ์ซ่อมแซมเต็นท์ ดังนั้นนายบีจึงได้ออกแบบเครื่องซึ่งมวลของกระเป๋าเป้ให้มีความ</p>	1

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
	$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4)$		แม่นยำที่สุดเพื่อความปลอดภัยในการข้ามหน้าผาในครั้งนี้	
5. การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย	<p>การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบไปด้วยลูกตุ้มมวล m แขวนที่ปลายด้านหนึ่งของเชือกเบาที่มีความยาว l โดยปลายอีกด้านผูกยึดติดตายตัวที่จุดใดจุดหนึ่งเมื่อตั้งลูกตุ้มให้ทำมุม θ กับแนวตั้งในตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยมือจะมีแรงดึงกลับ (Restoring Force) กระทำต่อลูกตุ้มมวล m ดึงให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่กลับไปอีกด้านผ่านตำแหน่งสมดุลและเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งเดิม โดยแรงดึงกลับดังกล่าวสามารถแทนได้ด้วยสมการ</p> $F = -mg \sin \theta \quad (1)$ <p>โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เชิงมุมกับความยาวเชือกได้ดังสมการ</p> $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (2)$	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงกับการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายได้ (K) นักเรียนสามารถทดลองหาคาบการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายได้ (P) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อหาความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายได้อย่างสร้างสรรค์ (P) นักเรียนมีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A) 	<p>หลังจากเลิกเรียนแล้วนายเอเดินทางกลับบ้าน เมื่อถึงบ้านนายเอได้รับโทรศัพท์จากพ่อ พ่อบอกกับนายเอว่าพ่ออยู่ศูนย์เฟอร์นิเจอร์กำลังจะเลือกซื้อตู้เสื้อผ้าเข้าบ้าน ก่อนซื้อต้องมั่นใจก่อนว่าจะสามารถเคลื่อนตู้เสื้อผ้าผ่านประตูได้โดยไม่ติดขัด พ่อจำได้แค่ความกว้างของประตูมีขนาดเท่ากับ 80 เซนติเมตร แต่พ่อจำความสูงของประตูไม่ได้จึงให้นายเอช่วยวัดความสูงของประตูให้รวดเร็วที่สุด ซึ่งนายเอมีเวลาเพียง 20 นาที ก่อนที่ร้านเฟอร์นิเจอร์จะปิด นายเอจึงหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดภายในบ้านพบว่าไม่มีไม้บรรทัด หรือ ตลับเมตร แต่วันนี้ที่</p>	2

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
	<p>และแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เชิงมุมกับคาบและความถี่จะได้ดังสมการ</p> $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$ $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (4)$		<p>โรงเรียนนายเอได้เรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย ดังนั้นนายเอจึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายให้มีความรวดเร็วและแม่นยำที่สุด</p>	
6. ความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง	<p>เมื่อตั้งวัตถุที่ติดปลายสปริงออกจากตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยให้สั่น วัตถุจะสั่นด้วยความถี่เฉพาะตัวหรือการตั้งลูกตุ้มออกจากแนวตั้งแล้วปล่อยให้แกว่งลูกตุ้มจะแกว่งด้วยความถี่เฉพาะตัวเช่นกัน ความถี่ที่มีค่าเฉพาะตัวนี้ เรียกว่าความถี่ธรรมชาติ เมื่อกระตุ้นให้วัตถุสั่นด้วยความถี่ที่มีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้วัตถุสั่นด้วยแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น เรียกว่าการสั่นพ้อง เมื่อเกิดการสั่นพ้อง ถ้าให้ความถี่ของแรงกระทำใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติของระบบ จะทำให้ระบบดูดซับพลังงานได้มากที่สุด</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถอธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้องได้ (K) 2. นักเรียนสามารถทดลองหาความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้องของวัตถุได้ (P) 3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างสะพานให้รองรับน้ำหนักมากที่สุดได้อย่างสร้างสรรค์ (P) 4. นักเรียนใฝ่เรียนรู้และมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A) 	<p>ณ ป่าแห่งหนึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ เด็กชายต้นกล้าและเพื่อน ๆ ใช้เวลาในช่วงปิดเทอมในการผจญภัยในป่าแห่งนี้ หลังจากเดินสำรวจป่าเสร็จแล้ว เด็กชายต้นกล้าและเพื่อน ๆ กำลังเดินทางกลับระหว่างทางมีฝนตกหนักทำให้น้ำในลำธารเพิ่มขึ้นและไหลเชี่ยว ลำธารนี้มีสะพานไม้เก่าความยาวประมาณ 6 เมตร และมีความกว้าง 1 เมตร เมื่อลมปะทะกับสะพานนี้ทำให้สะพานสั่นแรงขึ้นและพังทลายลง เด็กชายต้นกล้า</p>	1

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
	เมื่อเทียบกับความถี่ค่าอื่นๆ		เห็นแสงพระอาทิตย์กำลังจะลับขอบฟ้า จึง ก้ม ดูน ำ พิก าทอนนี้เวลา 17.30 น. ก่อนที่พระอาทิตย์ จะ ลับ ข อ บ ฟ ำ ด้ ก ข ย ต ้น ก ล ำ และ เพื่ อ น ่ ะ ต ้อง ข ำ ม ล ำ ธ าร ที่ มี น ้ำ เชื ย ว นี้ ด้ อ ย ำ ง ป ล อ ด ภัย ด ัง น ั้น ด้ ก ข ย ต ้น ก ล ำ และ เพื่ อ น ่ ะ จ ึง ส ร ำ ง ส ะ พ าน ให้ ส ำ ม า ร ฑ ร อ ง ร ับ น ้ำ หน ก ด้ ด้ ม ำ ก ที่ ส ุ ด	
รวม				9

3.1.3 ศึกษาขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

3.1.4 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งในแต่ละแผนมีรายละเอียด ดังนี้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เอกสารอ้างอิง และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้มีความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 6 แผน จำนวน 9 ชั่วโมง

3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลแล้วนำไปปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ดังนี้

1. ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการให้สอดคล้องกับตัวแปรตาม
2. ปรับขั้นนำเข้าสู่บทเรียนใหม่เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยนำไปสู่การค้นหาคำตอบ

คำตอบ

3. ลดบทบาทครูในชั้นเรียน และให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น

4. ปรับใบกิจกรรมที่ 2 โดยปรับสถานการณ์ใหม่เพื่อให้นักเรียนบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาและสถานการณ์ท้าทายมากขึ้น เพิ่มคำถามเพื่อฝึกความคิด (SCAMPER) ให้ครอบคลุมตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ เรียงลำดับการทำกิจกรรมและอภิปรายผลใหม่ และเพิ่มเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละใบกิจกรรม

3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบและประเมินผลความเหมาะสมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ วุฒิการศึกษา วท.ด. (ฟิสิกส์) ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญยรัตน์ สอนสุภาพ วุฒิการศึกษา Ph.D. (Education) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ วุฒิการศึกษา ค.ด. การวัดและประเมินผลการศึกษา ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

4. นางพิกุล พรหมสาเพชร วุฒิการศึกษา วท.ม. (ฟิสิกส์) ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตำแหน่งครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

5. นายยุทธพันธ์ พูลพุทธา วุฒิการศึกษา กศ.ม. (ฟิสิกส์) ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตำแหน่งครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

3.1.8 ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ความเหมาะสม โดยใช้แบบวัดเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลผลความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

และเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 3.51 – 5.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) จากการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนำผลการประเมินมาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.20 – 5.00 มีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ระดับเหมาะสมมากที่สุด

3.1.9 นำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ ตรวจสอบการวัดประเมินผลอีกครั้ง เนื่องจากเกณฑ์การประเมินผลมีหลายส่วน แล้ว

ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้ (Try Out) แล้วมาปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

3.1.9.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ปรับสถานการณ์ให้นักเรียนได้แก้ปัญหามากขึ้น เกี่ยวกับ คาบ และความถี่

3.1.9.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ปรับสถานการณ์ให้นักเรียนได้แก้ปัญหามากขึ้น โดยเพิ่มเงื่อนไขของสถานการณ์เกี่ยวกับการกระจัดของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

3.1.9.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ปรับสถานการณ์ลดเงื่อนไขให้มีความซับซ้อนน้อยลงเกี่ยวกับการหาความเร็วและความเร่งของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

3.1.9.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ปรับสถานการณ์ให้เข้ากับชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้นและให้มีความน่าสนใจเกี่ยวกับการสั่นของมวลติดปลายสปริงโดยเพิ่มเงื่อนไขให้นักเรียนได้แก้ปัญหามากขึ้น ออกแบบวิธีการทำเครื่องชั่งมวล

3.1.9.5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ปรับสถานการณ์ให้อยู่ในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น เพิ่มเงื่อนไขให้นักเรียนแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาความสูงของประตู

3.1.9.6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ปรับเงื่อนไขของสถานการณ์ให้นักเรียนแก้ปัญหาเกี่ยวกับความถี่ธรรมชาติและการสั่นพ้อง
แล้วนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน

3.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้านของความคิดสร้างสรรค์ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง และความคิดละเอียดลออ ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

3.2.2 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มี จำนวน 3 ข้อ รวม 6 ข้อ ใช้จริงจำนวน 2 สถานการณ์ ดังตารางที่ 10 ครอบคลุม 4 ด้านของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง และความคิดละเอียดลออ พร้อมกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ดัดแปลงมาจาก (หัสวนัส เพ็งสันเทียะ, 2563) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงรายละเอียดแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

สถานการณ์	ข้อคำถามอัตนัย	องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์
สถานการณ์ที่ 1	ข้อ 1 - 2	ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น
	ข้อ 3	ความคิดละเอียดลออ
สถานการณ์ที่ 2	ข้อ 1 - 2	ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น
	ข้อ 3	ความคิดละเอียดลออ

ตารางที่ 19 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

ประเด็นการประเมิน	คะแนน				
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. ความคิดริเริ่ม	คำตอบซ้ำไม่เกินร้อยละ 1	คำตอบซ้ำร้อยละ 2	คำตอบซ้ำร้อยละ 3 - 5	คำตอบซ้ำร้อยละ 6 - 11	คำตอบซ้ำร้อยละ 12 ขึ้นไปหรือไม่ตอบ
2. ความคิดคล่อง	คำตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 4 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 3 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 2 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 1 คำตอบภายในเวลาที่กำหนด	ไม่ตอบเลย
3. ความคิดยืดหยุ่น	คำตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 4 กลุ่ม/ประเภท	คำตอบ 3 กลุ่มหรือ/ประเภท	คำตอบ 2 กลุ่ม/ประเภท	คำตอบ 1 กลุ่ม/ประเภท	ไม่ตอบเลย
4. ความคิดละเอียดลออ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้มากกว่าหรือเท่ากับ 4 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้ 3 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้ 2 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้ 1 คำตอบ	ไม่ตอบเลย

3.2.3 นำวัดความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นพร้อมเกณฑ์การประเมินเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ดังนี้ ปรับสถานการณ์ให้กระชับ ปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ

3.2.4 ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับความคิดสร้างสรรค์เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+ 1 เมื่อแน่ใจว่าสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์

- 1 เมื่อแน่ใจว่าสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์

3.2.5 คัดเลือกแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 เพื่อใช้ในงานวิจัย

3.2.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการพิจารณาความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญและดำเนินการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้ ปรับข้อ 3 ของแต่ละสถานการณ์วัดความคิดละเอียดลออ เนื่องจากอธิบายขั้นตอนเป็นวิธีการที่เลือกมาแล้ว

แล้วนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 40 คน โรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่ไม่ใช่ตัวอย่าง

3.2.7 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ผ่านการทดลองใช้ (Try Out) มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดโดยวิเคราะห์ค่าความยาก (p) คัดเลือกข้อที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 – 0.80 จากการวิเคราะห์พบว่ามีความยากตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.61 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จากการวิเคราะห์พบว่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.42 โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) และหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.96

3.2.8 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์มาปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ ปรับการเขียนสถานการณ์ให้กระชับ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน

3.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ดำเนินการสร้าง และการหาคุณภาพดังนี้

3.3.1 ศึกษาหลักการ แนวคิดทฤษฎี การวัดและประเมินผล งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 ศึกษาเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย หลักสูตรแกนกลางพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

3.3.3 วิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3.3.4 สร้างตารางวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ตารางวิเคราะห์สร้างจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวัดและประเมินผลตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ ความจำ ความเข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้								รวม	
		ความจำ		ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
ลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้	2	1	2	1	-	-	-	-	4	2
การกระจัดของเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการกระจัดกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	2	1	2	1	2	1	2	1	8	4
ความเร็วและความเร่งของเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความเร็วและความเร่งกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้	2	1	2	1	2	1	2	1	8	4
การสั้นของมวลติดปลายสปริง	นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงกับการสั้นของ	2	1	2	1	4	2	2	1	10	5

สาระการ เรียนรู้	จุดประสงค์ การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้								รวม	
		ความจำ		ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
	มवलคิดปลาย สปริงได้										
การแกว่ง ของลูกตุ้ม อย่างง่าย	นักเรียน สามารถ อธิบายผล ของแรงกับ การแกว่ง ลูกตุ้มอย่าง ง่ายได้	2	1	2	1	2	1	2	1	8	4
ควา ม ถี ธรรมชา ตี และการ สัน พ้อง	นักเรียน สามารถ อธิบาย ความถี่ ธรรมชาติ ของวัตถุและ การเกิดการ สั่นพ้องได้	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1
รวม		10	5	12	6	10	5	8	4	40	20

3.3.5 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกทั้งหมด จำนวน 40 ข้อให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ ใช้จริงจำนวน 20 ข้อ

3.3.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้ ปรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.7 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อประเมินความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) ของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้ (สมบัติท้ายเรือคำ, 2551)

+1 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้อง (Index of item Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ผู้วิจัยนำผลการประเมินหาความสอดคล้อง ผลการวิเคราะห์พบว่ามีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00

3.3.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ปรับภาษาให้สั้น กระชับ เน้นคำปฏิเสธโดยการขีดเส้นใต้ หรือ ตัวหนา หลังจากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 40 คน โรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.3.10 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) โดยใช้สูตร (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 – 1.00 ถือว่าใช้ได้ จำนวน 20 ข้อ จากผลการทดสอบมีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.77 และมีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.84

3.3.11 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร โลเวท (Lovett Method) จากผลการทดสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r_{cc}) เท่ากับ 0.84 (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2564)

3.3.12 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน

3.4 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ครอบคลุม 4 ด้าน คือ ด้านบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert จำนวน 24 ข้อ

3.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

3.4.2 สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์โดยสร้างแบบวัดมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (ไพศาล วรคำ, 2559) จำนวน 24 ข้อ แยกเป็นรายด้านทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านบทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับความพึงพอใจมากที่สุด	ได้ 5 คะแนน
ระดับความพึงพอใจมาก	ได้ 4 คะแนน
ระดับความพึงพอใจปานกลาง	ได้ 3 คะแนน
ระดับความพึงพอใจน้อย	ได้ 2 คะแนน
ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด	ได้ 1 คะแนน

3.4.5 นำแบบวัดความพึงพอใจที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถามของแบบวัดความพึงพอใจต่อการ

จัดการเรียนรู้ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ดังนี้ ปรับข้อคำถาม ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผล ให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย

3.4.6 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อตรวจสอบดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) โดยใช้เกณฑ์ประเมินดังนี้

ให้คะแนน	+1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง
ให้คะแนน	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นหรือไม่
ให้คะแนน	-1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

จากนั้นคะแนนการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 – 1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ จากการประเมินความสอดคล้อง พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

3.4.7 นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ ปรับภาษาให้กระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย แล้วใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน

3.4.8 นำผลที่ได้จากการวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควร์หาค่าอำนาจจำแนกชนิดมาตราส่วนประมาณค่า โดยวิธี Item total Correlation จากผลการทดสอบมีค่าอำนาจจำแนก จำนวน 24 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.42 ถึง 0.77 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) จากผลการทดสอบมีความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.95

3.4.9 นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควร์ จำนวน 24 ข้อ นำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 39 คน

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้มีรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) ศึกษาตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังทดลอง (One-group pretest-posttest design)

E	O ₁	X	O ₂
E	หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental Group)		
O ₁	หมายถึง การวัดความคิดสร้างสรรค์ก่อนทดลอง (Pretest)		
X	หมายถึง การได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้		
O ₂	หมายถึง การวัดความคิดสร้างสรรค์หลังทดลอง (Posttest)		

4.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

4.2.1 ชั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการสอน

4.2.1.1 เตรียมความพร้อมกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 โดยชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอน แนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอน ขั้นตอนการทำกิจกรรม บทบาทหน้าที่ของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ จำนวนชั่วโมงที่จัดการเรียนรู้

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.2.1 ทดสอบก่อน (Pretest) ด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ใช้เวลาทั้งหมด 30 นาที จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

4.2.2.2 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ที่สร้างขึ้นจำนวน 6 แผนการเรียนรู้ จำนวน 9 ชั่วโมง

4.2.3 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.3.1 เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post - test) กับกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล ด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้านของความคิดสร้างสรรค์ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง และความคิดละเอียดลออ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

4.2.3.2 เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ จากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov และ Shapiro - Wilk พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นเส้นโค้งไม่ปกติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ด้วยวิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples)

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov และ Shapiro - Wilk พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นเส้นโค้งไม่ปกติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ด้วยวิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 1 กลุ่ม (Wilcoxon Signed Rank Test for One Sample)

5.3 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์ จากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov และ Shapiro - Wilk พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นเส้นโค้งไม่ปกติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ด้วยวิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples)

5.4 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov และ Shapiro - Wilk พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นเส้นโค้งไม่ปกติ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ ด้วยวิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 1 กลุ่ม (Wilcoxon Signed Rank Test for One Sample)

5.5 วิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำหนดเกณฑ์การแปลผลดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง ความพึงพอใจในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง ความพึงพอใจในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง ความพึงพอใจในระดับน้อย

6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

6.1 สถิติพื้นฐาน

6.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2564)

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

เมื่อ	\bar{x}	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum x_i$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
	n	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

6.1.2 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	f	แทน	ความถี่หรือคะแนนที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	N	แทน	จำนวนทั้งหมด

6.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2564)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ	SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง
	x	แทน	ข้อมูลแต่ละตัว
	\bar{x}	แทน	ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมดของตัวอย่าง

6.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

6.2.1 ค่าดัชนีความเที่ยงตรง (Validity) เชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สูตรดังนี้ (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

6.2.2 ค่าความยาก (Difficulty: P) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรดังนี้ (Nitko, 1983)

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ
	R	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
	n	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

6.2.3 ค่าความยากของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้สูตรของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

6.2.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอิงเกณฑ์จากผลทดสอบครั้งเดียวตามแนวคิดของ เบรินแนน (Brennan) โดยใช้สูตร ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ	B	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	N_1	แทน	จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)
	N_2	แทน	จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)
	U	แทน	จำนวนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก
	L	แทน	จำนวนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

6.2.5 ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้สูตรของวิทนีเยและซาเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)
	X_{\max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{\min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

6.2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของโลเวท (Lovett Method) ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ	r_{cc}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	x_i	แทน	คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน
	k	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งหมด
	C	แทน	คะแนนเกณฑ์เป้าหมายที่ต้องการ

6.2.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตรันย
	k	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งหมด
	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

s_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

6.2.6 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ชนิด
 มาตรฐานประมาณค่า โดยวิธี Item Total Correlation มีสูตรดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่า Item total Correlation
 X แทน คะแนนคำตอบรายข้อของแต่ละคน
 Y แทน คะแนนรวมของแต่ละคน
 N แทน จำนวนคนทั้งหมด

6.2.7 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ชนิด
 มาตรฐานประมาณค่า โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach) มีสูตรดังนี้ (มนตรี
 วงษ์สะพาน, 2563)

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

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม
 k แทน จำนวนข้อคำถามทั้งฉบับ
 s_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ
 s_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

6.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

6.3.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ
 นักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่
 สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples) โดยมีสูตรคำนวณ
 (ประเสริฐ เรือนนงการ, 2559: 125) ดังนี้

สมมติฐานทางสถิติ

$$H_0 : M_1 - M_2 \leq 0$$

$$H_a : M_1 - M_2 > 0$$

คำนวณค่า P -value จากสมการ ดังนี้

$$P\text{-value} = P \left[Z \geq \frac{(x-0.5)-np}{\sqrt{np(1-p)}}; p = 0.5 \right]$$

ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ถ้าค่าพีหรือ P -value $\leq \alpha$

6.3.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ
 นักเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้วิธีทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 1 กลุ่ม
 (Wilcoxon Signed Rank Test for One Sample) โดยมีสูตรคำนวณ (ประเสริฐ เรือนนงการ,
 2559: 80) ดังนี้

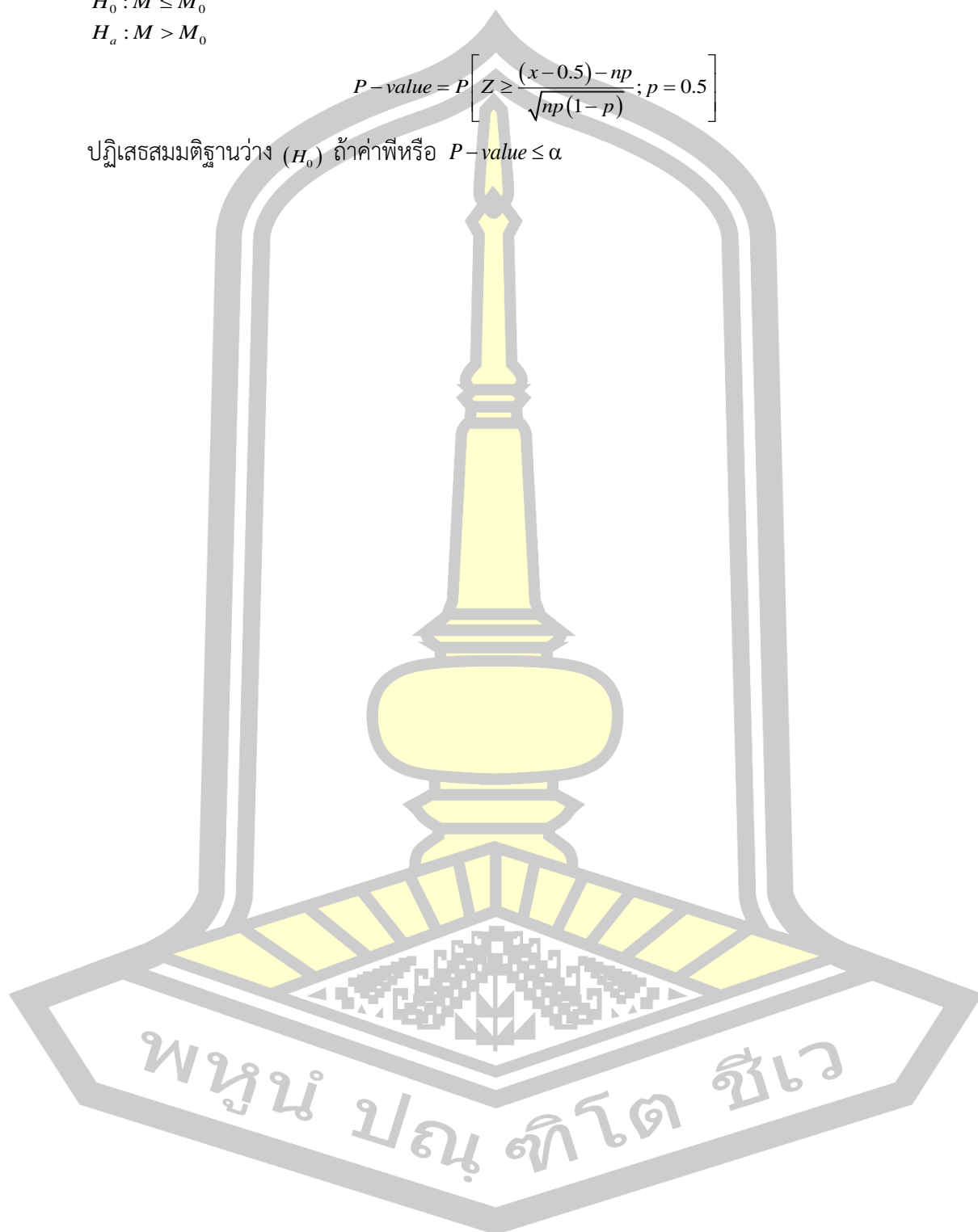
สมมติฐานทางสถิติ

$$H_0 : M \leq M_0$$

$$H_a : M > M_0$$

$$P\text{-value} = P \left[Z \geq \frac{(x-0.5) - np}{\sqrt{np(1-p)}}; p = 0.5 \right]$$

ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) ถ้าค่าพีหรือ $P\text{-value} \leq \alpha$



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ และเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้อย่างนี้

\bar{X}	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
Z	แทน	สถิติทดสอบซี (Z-test)
*	แทน	มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของงานวิจัยตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์
2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์
4. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

5. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ตารางที่ 21 ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล (Tests of Normality) ความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

คะแนนความคิดสร้างสรรค์		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
คิดค่อง	ก่อนเรียน	.179	39	.003	.949	39	.078
	หลังเรียน	.258	39	.001	.816	39	.001
คิดยืดหยุ่น	ก่อนเรียน	.211	39	.001	.920	39	.009
	หลังเรียน	.211	39	.001	.842	39	.001
คิดริเริ่ม	ก่อนเรียน	.361	39	.001	.699	39	.001
	หลังเรียน	.254	39	.001	.890	39	.001
คิดละเอียดลออ	ก่อนเรียน	.273	39	.001	.871	39	.001
	หลังเรียน	.334	39	.001	.740	39	.001
รวม	ก่อนเรียน	.098	39	.200*	.960	39	.179
	หลังเรียน	.144	39	.041	.937	39	.031

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 21 แสดงผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล (Test of Normality) โดยรวมพบว่าค่า Sig. ของ Kolmogorov- Smirnov เท่ากับ .200 และ Shapiro - Wilk เท่ากับ .179 ก่อนเรียนสูงกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ในทางกลับกันพบว่าค่า Sig. ของ Kolmogorov- Smirnov เท่ากับ .041 และ Shapiro - Wilk เท่ากับ .031 หลังเรียนต่ำกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กำหนดไว้ ซึ่งบ่งบอกว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) โดยใช้วิธีทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples)

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

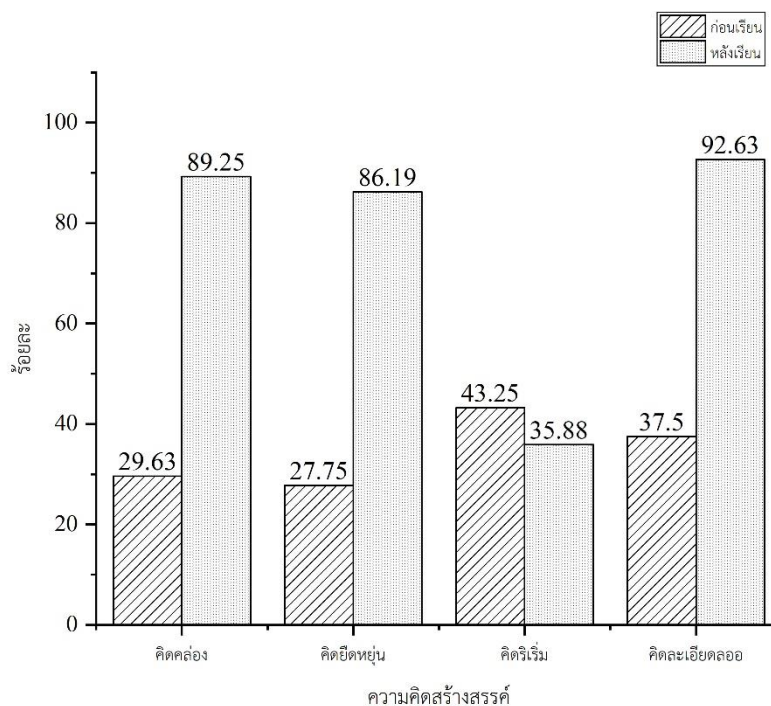
ความคิดสร้างสรรค์	การทดสอบ (n = 39)	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	Z	Asymp. Sig (1 – tailed test)
คิดคลอง	ก่อนเรียน	16	4.74	1.48	-5.45*	.0005
	หลังเรียน	16	14.28	1.86		
คิดยืดหยุ่น	ก่อนเรียน	16	4.44	1.41	-5.45*	.0005
	หลังเรียน	16	13.79	2.32		
คิดริเริ่ม	ก่อนเรียน	16	6.92	1.63	-3.18*	.0005
	หลังเรียน	16	5.74	1.65		
คิดละเอียดลออ	ก่อนเรียน	8	3.00	1.82	-5.32*	.0005
	หลังเรียน	8	7.41	0.72		
รวม	ก่อนเรียน	56	19.10	5.10	-5.45*	.0005
	หลังเรียน	56	41.03	4.77		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 22 พบว่าจากการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples) ค่า Asymp. sig (1-tailed test) น้อยกว่า .05 ดังนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าความคิดสร้างสรรค์ด้านคิดคลอง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่มคิดละเอียดลออ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีเพียงด้านคิดริเริ่มที่พบว่าความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้มีลักษณะของความแตกต่างหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ต่ำกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์



2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

คะแนนความคิดสร้างสรรค์	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	Z	Asymp. Sig (1-tailed test)
หลังเรียน (n = 39)	56	39.02	41.03	4.77	2.361*	.018

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 23 พบว่าจากการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 1 กลุ่ม (Wilcoxon Signed Rank Test for One Sample) ค่า Asymp. sig (1-tailed test) น้อยกว่า .05 ดังนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนเฉลี่ย 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.77 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

ตารางที่ 24 ผลการตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล (Tests of Normality) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro - Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
จำ	ก่อนเรียน	.234	39	.001	.867	39	.001
	หลังเรียน	.321	39	.001	.819	39	.001
เข้าใจ	ก่อนเรียน	.197	39	.001	.908	39	.004
	หลังเรียน	.241	39	.001	.892	39	.001
นำไปใช้	ก่อนเรียน	.254	39	.001	.774	39	.001
	หลังเรียน	.275	39	.001	.863	39	.001
วิเคราะห์	ก่อนเรียน	.259	39	.001	.849	39	.001
	หลังเรียน	.218	39	.001	.850	39	.001
รวม	ก่อนเรียน	.164	39	.010	.943	39	.049
	หลังเรียน	.277	39	.001	.831	39	.001

จากตารางที่ 24 แสดงผลการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล (Test of Normality) พบว่าค่า Sig. ของ Kolmogorov- Smirnov เท่ากับ .010 และ Shapiro - Wilk เท่ากับ .049 ก่อนเรียนต่ำกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กำหนดไว้ และหลังเรียนพบว่าค่า Sig. ของ Kolmogorov-Smirnov เท่ากับ .001 และ Shapiro - Wilk เท่ากับ .001 ต่ำกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) โดยใช้วิธีทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples)

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

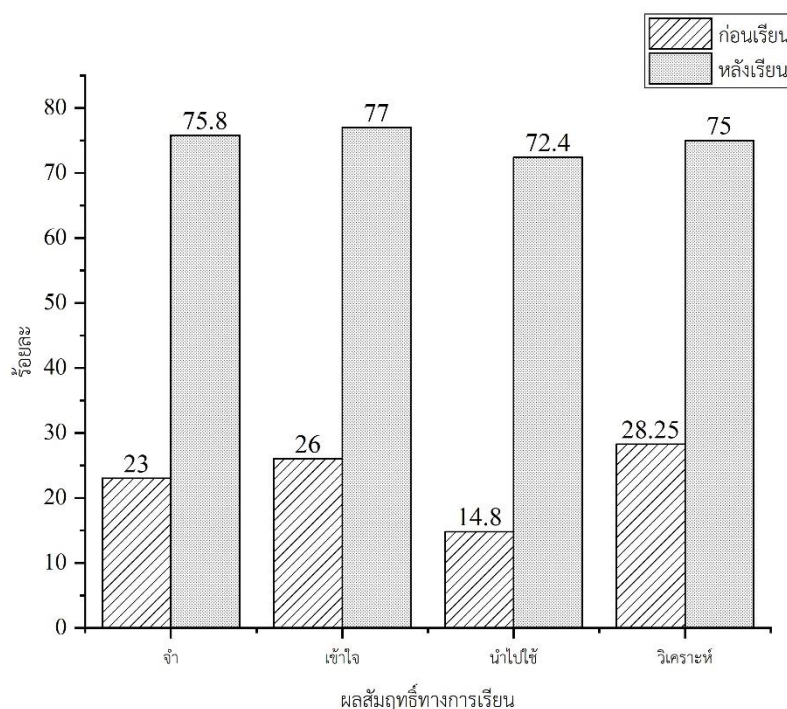
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	การทดสอบ (n = 39)	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	Z	Asymp. Sig (1 – tailed test)
จำ	ก่อนเรียน	5	1.15	0.90	-5.36*	.0005
	หลังเรียน	5	3.79	1.06		
เข้าใจ	ก่อนเรียน	6	1.56	1.02	-5.37*	.0005
	หลังเรียน	6	4.62	0.99		
นำไปใช้	ก่อนเรียน	5	0.74	0.82	-5.36*	.0005
	หลังเรียน	5	3.62	0.94		
วิเคราะห์	ก่อนเรียน	4	1.13	0.77	-5.37*	.0005
	หลังเรียน	4	3.00	0.89		
รวม	ก่อนเรียน	20	4.59	1.76	-5.45*	.0005
	หลังเรียน	20	15.03	2.25		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 25 พบว่าจากการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Wilcoxon Signed Rank Test for Two Related Samples) ค่า Asymp. sig (1-tailed test) น้อยกว่า .05 ดังนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำ เข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พูน ปณ ทิโต ชิว

ภาพที่ 3 แผนภูมิเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์



4. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ตารางที่ 26 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	Z	Asymp. Sig (1-tailed test)
หลังเรียน (n = 39)	20	14	15.03	2.25	2.74*	.006

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 26 พบว่าจากการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีประชากร 1 กลุ่ม (Wilcoxon Signed Rank Test for One Sample) ค่า Asymp. sig (1-tailed test) น้อยกว่า .05 ดังนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนเฉลี่ย 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
บทบาทผู้สอน			
1. ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี	3.95	0.92	มาก
2. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.05	0.87	มาก
3. ผู้สอนมีการจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก	4.10	0.86	มาก
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน	4.38	0.65	มาก
5. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น	4.36	0.95	มาก
6. ผู้สอนจัดเตรียมอุปกรณ์ สื่อ หลากหลายให้ผู้เรียนพร้อมต่อการสร้างชิ้นงาน	4.38	0.54	มาก
เฉลี่ย	4.21	0.87	มาก
บทบาทผู้เรียน			
7. ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมที่ตนเองชอบและสนใจ	4.50	0.81	มาก
8. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเอง	4.15	0.84	มาก
9. ผู้เรียนอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น	4.09	0.82	มาก
10. ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง	4.01	0.84	มาก
11. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่น	3.85	1.01	มาก
12. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน	4.04	0.80	มาก
เฉลี่ย	4.12	0.87	มาก
วิธีการจัดการเรียนรู้			
13. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ สนุกสนาน และมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.40	0.72	มาก
14. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกัน	4.50	0.72	มาก

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใฝ่รู้และแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง	4.51	0.76	มากที่สุด
16. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์	4.44	0.78	มาก
17. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง	4.15	0.86	มาก
18. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	4.00	0.89	มาก
เฉลี่ย	4.30	0.81	มาก
การวัดและประเมินผล			
19. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.10	0.78	มาก
20. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	4.38	0.49	มาก
21. ผู้สอนแจ้งเกณฑ์การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล	4.47	0.90	มาก
22. การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้	4.38	0.75	มาก
23. การวัดและประเมินผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่แจ้งไว้	4.45	0.72	มาก
24. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น	4.53	0.59	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.37	0.73	มาก
เฉลี่ยโดยรวม	4.25	0.83	มาก

จากตารางที่ 27 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.83 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านการวัดและประเมินผลมีคะแนนเฉลี่ย 4.37 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนน ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนน ด้านบทบาทผู้สอนมีคะแนนเฉลี่ย 4.21 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนน และด้านบทบาทผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ย 4.12 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากเช่นเดียวกัน

5.1 ความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนในแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

ความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนในแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้แยกเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

5.1.1 สิ่งที่นักเรียนชอบในการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ คือ 1. การมีส่วนร่วมของผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนฝึกคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ออกแบบ และลงมือปฏิบัติเป็นกลุ่ม 2. คิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ออกแบบและสร้างชิ้นงาน 3. การเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงาน

5.1.2 สิ่งที่นักเรียนไม่ชอบในการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ คือ 1. ความยากของเนื้อหา สูตรต่าง ๆ ค่อนข้างยากต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบกราฟ 2. ระยะเวลา ในขั้นการสร้างชิ้นงานใช้ออกแบบ และสร้างชิ้นงานใช้เวลานาน

5.1.3 สิ่งที่นักเรียนอยากให้ผู้สอนปรับปรุงการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ คือ ระยะเวลา เพิ่มระยะเวลาในการทำกิจกรรม



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ มีลำดับขั้นตอนในการนำเสนอ ดังต่อไปนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลตามความมุ่งหมายของงานวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 19.10 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.59 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.25 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนนซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผล

ผู้วิจัยอภิปรายผลตามความมุ่งหมายงานวิจัยดังนี้

1. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

ผลการวิจัยเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ พบว่านักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 19.10 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ฝึกคิดและตั้งคำถามนำไปสู่การค้นหาคำตอบโดยการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า การสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นพบคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง สามารถจดจำได้นานเนื่องจากนักเรียนไม่ได้เรียนรู้ด้วยการท่องจำ จึงทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านความคิด (สாரานู ดวงตาน้อย และน้อยทิพย์ ลิมยิ่งเจริญ, 2552) เป็นไปตามหลักการการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพราะหลักการการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้สามารถแสวงหาความรู้หรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ และมัลลิกา ดาราภัย, 2567) ทำให้มีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ (ภพ เลหาทไพบูรณ์, 2542) นอกจากนี้ผู้วิจัยออกแบบให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการค้นหาคำตอบไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นโดยแทรกแนวคิดสะเต็มร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เน้นฝึกความคิดสร้างสรรค์ในชั้นที่ 4 ขยายความรู้ของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ สอดคล้องกับ (วรรณิภา เวทการ และ ธิติยา บงกชเพชร, 2565) ที่กล่าวว่าแนวทางที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ควรเน้นให้ผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้มาบูรณาการมากขึ้น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นบูรณาการวิชา

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) เป็นการผสมผสานระหว่างศาสตร์เพื่อจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่ง ซึ่งหากแยกเป็นศาสตร์เดี่ยว ๆ แล้วจะไม่สามารถทำให้บรรลุจุดประสงค์ได้ การจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการช่วยทำให้ผู้เรียนเรียนรู้แบบองค์รวมปราศจากข้อจำกัดในแต่ละวิชาทำให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของทุกศาสตร์ (ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2566) นอกจากนี้ฝึกนักเรียนรู้จักคิดให้ความสำคัญกับกระบวนการในการนำความรู้และประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (เทพพร โลมารักษ์, 2564) ควบคู่ไปกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (พัชรภร พูลบุญ, 2566) ร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ซึ่งเป็นเทคนิคที่เน้นให้นักเรียนระดมสมองรูปแบบหนึ่งมาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้คำถามเป็นตัวขับเคลื่อนกระบวนการคิด (Eberle, 1996) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดใหม่ ๆ ไม่ยึดติดกับแนวคิดเดิม ๆ กล้าคิดวิธีที่หลากหลายหรือปรับปรุงเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่แปลกใหม่ (ชัชฎา ทรภักษ์, 2560) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาทางด้านของความคิดสร้างสรรค์ทั้ง ความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดละเอียดลออพบว่ามีการพัฒนาการที่ดีขึ้น อาจเนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคสแคมเพอร์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิดเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการคิดให้หลากหลายมุมมองในขั้นตอนของการบูรณาการตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาในการปรับปรุงชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น จากการทำกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มพบว่านักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้มากขึ้น แยกประเภทของคำตอบได้ และสามารถเขียนรายละเอียดของคำตอบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีพัฒนาการดีขึ้นตามลำดับ ดังนั้นเทคนิคสแคมเพอร์จึงช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้ดีขึ้นได้ แต่ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่แทรกแนวคิดสะเต็มร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ยังพบว่าในชุดคำถามของเทคนิคสแคมเพอร์นักเรียนยังไม่เข้าใจและไม่สามารถตอบคำถามให้มีความแปลกใหม่ได้ ทำให้การพัฒนาด้านความคิดริเริ่มไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจึงทำให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มที่มีคะแนนต่ำสุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากคำถามจากเทคนิคสแคมเพอร์ซึ่งเป็นแนวคิดหลักที่ผู้วิจัยใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เป็นคำถามที่จำกัดอยู่ในกรอบทฤษฎี และนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ ชาติความมั่นใจ กลัวการตอบผิดจึงไม่มีอิสระในการคิดให้ออกกรอบ ไม่กล้าทำในสิ่งที่แตกต่างแปลกใหม่ทำให้ความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ดังนั้นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์มีหลายวิธีทั้งด้านการจัดการเรียนการสอน การสร้างสภาพแวดล้อม หรือเจตคติของผู้ใกล้ชิด นอกจากนี้อุปสรรคของการพัฒนาความคิดไม่ว่าจะเป็น พฤติกรรมของผู้เรียน วัฒนธรรม บรรยากาศในการเรียนการสอน ถ้าครูเข้าใจและหาวิธีการขจัดอุปสรรคดังกล่าวได้จะทำให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (อารี พันธมณี, 2537) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (สุธาธิณี กรุดเงิน, 2563) ที่ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (อับดุลยามี นหะยีซาเดร, 2560) พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ใช้ความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rasal Abdulah Mirzale (2023) พบว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

แต่ละองค์ประกอบย่อยให้สูงขึ้นได้ และยังสามารถคล้องกับผลการวิจัยของ Jong Boonpracha (2023) พบว่าเทคนิคสแคมเพอร์ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาได้

2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิจัยเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ พบว่านักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 41.03 ของคะแนนเต็ม 56 คะแนนซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากระบบการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ส่งเสริมนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลองโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ เริ่มจากนักเรียนได้ฝึกคิดและตั้งคำถามก่อนแล้วค้นหาคำตอบ ร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันกับเพื่อนจนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลได้ สอดคล้องกับ (เพียรอรุณ พลนาคและคณะ, 2563) ที่กล่าวว่าผู้เรียนได้ลงมือค้นหาข้อมูลด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำข้อมูลได้ในระยะยาวและเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น เป็นไปตามหลักการของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้สืบค้นหาความรู้ ตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์ สรุปผลด้วยตนเอง ครูผู้สอนคอยกระตุ้นช่วยเหลือ ชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง (ศิริลักษณ์ กมลนิตและคณะ, 2564) นอกจากนี้ในกระบวนการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ออกแบบแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ในชั้นขยายความรู้ของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้เพื่อให้นักเรียนนำความรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น เช่น กิจกรรมมรดกติดปลายสปริง นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบและสร้างเครื่องมือตาชั่งสปริงได้ด้วยตนเองรวมถึงใช้เทคโนโลยีและความรู้วิทยาศาสตร์จากการสืบเสาะซึ่งแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (สุทธิดา จำรัสและพงศธร สุขะมุล, 2567) เน้นสถานการณ์จริงใกล้ตัวผู้เรียนช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (ดวงเนตร สุขสวัสดิ์และวนิดา ฉัตรวิราคม, 2567) การสร้างชิ้นงานได้อย่างสร้างสรรค์นั้นผู้วิจัยจึงออกแบบนำแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เพื่อฝึกให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ฝึกคิดตอบคำถามของเทคนิคสแคมเพอร์ ซึ่งเป็นเทคนิคระดมสมองรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (สุจิตตรา จันทร์ลอยและคณะ, 2565) เช่น นักเรียนคิดหาวัสดุมาทดแทนวัสดุเดิม นักเรียนคิดหาวิธีการดัดแปลงวัสดุของตาชั่งสปริงเพื่อปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน นอกจากนี้จากการกิจกรรมการเรียนรู้แล้วพบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนน จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 58.97 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการจัดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ นักเรียนให้ความสนใจกระตือรือร้นในการประดิษฐ์ชิ้นงาน ฝึกแลกเปลี่ยนความคิดเห็นมีการอภิปรายภายในชั้นเรียน นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง แต่ยังมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 41.03 ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะเวลาในการทำกิจกรรมยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาความคิด

สร้างสรรค์ นอกจากนี้ประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคนอาจเป็นอีกปัจจัยที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ดังคำกล่าวของ (Glover, Bruning and Filbeck, 1982) ที่ว่าอิทธิพลจากประสบการณ์ในวัยเด็ก การฝึกมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความคิดสร้างสรรค์ แต่ละอาชีพจะต้องได้รับการฝึกหรือมีประสบการณ์มาก่อนจึงเป็นนักสร้างสรรค์หรือคิดค้น ดังนั้นในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้สูงขึ้น นักเรียนควรเพิ่มเวลาในการฝึกคิด ให้ความสนใจในการฝึกฝนมากขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร และคณะ, 2565) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบผลความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ย 77.08 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของคะแนนเต็ม (น้ำฝน คูเจริญไพศาลและคณะ, 2565) พบว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนซึ่งสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.59 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมและคอยให้คำแนะนำต่าง ๆ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นหาความรู้และสามารถสรุปผลได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ค้นหา อธิบายและสรุปความรู้ด้วยตนเองเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (Bybee et al, 2006) ไปตามหลักการของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก (เทิดศักดิ์ แสงวงศ์ และศักดิ์ศรี สืบสิงห์, 2567) การจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้จากการแสวงหาความรู้เป็นความจำระยะยาวทำให้เข้าใจเนื้อหาและสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ (พัชรินทร์ แก้วมาเมืองและอำนาจ บุญประเสริฐ, 2566) ผู้วิจัยออกแบบวิธีการสอนโดยบูรณาการแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดการจัดการเรียนบูรณาการโดยนำเอาความรู้ในศาสตร์ 4 สาขา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้ ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่างๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (วริศรา ชูสกุลและนฤมล ภูสิงห์, 2566) การจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (กรณ์ กูระมธุวรรณและคณะ, 2568) เช่น กิจกรรมสร้างเครื่องมือวัดความสูงได้อย่างสร้างสรรค์จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดนำไปประยุกต์ใช้วัดความสูงของประตูห้องเรียน อาศัยหลักการของเทคนิคสแคมเพอร์ช่วยฝึกความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียน ซึ่งเทคนิคสแคมเพอร์ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จากอักษรย่อแต่ละตัวของคำว่า SCAMPER สร้างแนวคิดใหม่ ๆ สามารถต่อเติมความคิดที่มีอยู่แล้วให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (กชพรรณ วิลานันท์และคณะ, 2567) จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้

ความเข้าใจเนื้อหามากขึ้นนำความรู้ที่ได้ไปบูรณาการกับสถานการณ์อื่นได้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณารายด้านของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านนำไปใช้ ความจำ ความเข้าใจ และวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนของด้านนำไปใช้ระหว่างก่อนและหลังเรียนเป็นร้อยละ พบว่ามีพัฒนาการที่ดีที่สุดคิดเป็นร้อยละ 57.60 อาจเนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปบูรณาการเชื่อมโยงสถานการณ์จริง และได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้นักเรียนเข้าใจอย่างลึกซึ้งจึงทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าด้านอื่น ด้านความจำมีคะแนนเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 52.80 อาจเนื่องจากนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมจึงทำให้จำได้ในรูปแบบง่าย ๆ ด้านเข้าใจมีคะแนนเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 51.00 อาจเนื่องจากพื้นฐานของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน เช่น พื้นฐานด้านการคำนวณ การเชื่อมโยงหรือตีความ จะต้องอาศัยระยะเวลาในการฝึกฝนจึงจะทำให้เกิดความเข้าใจ และด้านวิเคราะห์มีคะแนนเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 46.75 อาจเนื่องจากการวิเคราะห์ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานและ ความเข้าใจ ดังนั้นจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (เสาวภาคย์ พรสุริวงศ์, 2563) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Seyide Eroglu (2022) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (สายหยุด อุไรสกุล, 2558) พบว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 15.03 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเริ่มจากนักเรียนได้ฝึกคิดและตั้งคำถามก่อนแล้วค้นหาคำตอบ ร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลด้วยตนเอง เป็นไปตามหลักการของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ที่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับผู้เรียนหรือผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง (ทรรศนพร อ่อนประทุม และมนตรี วงษ์สะพาน, 2567) อีกทั้งในกระบวนการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ออกแบบแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ในชั้นขยาย

ความรู้ของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้เพื่อให้นักเรียนได้นำความรู้ไปบูรณาการสร้างชิ้นงาน อาศัยแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้บูรณาการมุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง (วิลาสินี ทองแถบ, 2567) อีกทั้งการสร้างชิ้นงานได้อย่างสร้างสรรค์อาศัยเทคนิคสแคมเพอร์สร้างแนวคิดใหม่ ๆ สามารถต่อเติมความคิดที่มีอยู่แล้วให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (กชพรรณ วิลาพันธ์และคณะ, 2567) เพื่อปรับปรุงแนวคิดในการสร้างชิ้นงานให้ดีขึ้น นอกจากนี้จากกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 20 คะแนน จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 53.85 ทั้งนี้อาจเนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างสร้างสรรค์ได้นำความรู้ไปสร้างชิ้นงานทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน สะท้อนผลจากขั้นประเมินของการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนลงข้อสรุปเข้าใจเนื้อหาถูกต้อง แต่ยังพบว่านักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 46.15 ทั้งนี้อาจเนื่องจากทัศนคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ดีขึ้นนักเรียนควรฝึกฝนทักษะการคำนวณอย่างสม่ำเสมอ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ (ชนินถ ธงชัย, 2561) พบว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างคำถามค้นคว้าด้วยตนเองส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (ศิริณญา พรหมคำ, 2563) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้นำความรู้พร้อมกับการลงมือทำด้วยตนเองทำให้จำเนื้อหาได้ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อีกทั้งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (นิชชนันท์ คำตา, 2566) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tuba Altiparmak & Özlem Eryilmaz-Muştu (2020) พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคสแคมเพอร์ส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

5. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์

ผลการวิจัยศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยรวมมีคะแนนเฉลี่ย 4.25 ของคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เรียงจากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ ด้านบทบาทผู้สอน และด้านบทบาทผู้เรียนตามลำดับ ทั้งนี้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้มีส่วนร่วมในการประเมินผลสามารถตรวจสอบได้ มีวิธีการวัดที่หลากหลาย และผู้สอนแจ้งเกณฑ์การให้คะแนนของผู้เรียน จึงทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ ชอบและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ (ต่วนริ

สา ต่วนสุหลง, 2552) ที่กล่าวว่าผลการประเมินผลเป็นวิธีการตรวจสอบตนเองและเพื่อนในด้านความรู้ การทำงานกลุ่ม และทักษะ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความใส่ใจในการ เรียนรู้มากขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงทางการเรียนที่ดีขึ้น (พาอิม๊ะ เจาะสา, 2561) นอกจากนี้ผู้สอน กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดค้นหาความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ช่วยกันแสดงความคิดเห็น ในขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงร่วมกันเป็นกลุ่มช่วยกันแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นกับเพื่อน ๆ สอดคล้องกับคำกล่าวของ (อับดุลยามีน หะยีซาเดร, 2560) ที่กล่าวว่า นักเรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันโดยเฉพาะในช่วงของ การนำเสนอหน้าชั้นเรียนช่วยกันเสนอแนะและให้คำแนะนำเพื่อนที่กำลังนำเสนอ ทำให้บรรยากาศใน ชั้นเรียนไม่ตึงเครียดและสนุก ทั้งนี้อาจเนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เป็นการสอนที่ใช้หลักการของการสืบเสาะหาความรู้ที่ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองเป็นการพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็น ระบบระเบียบ (สุภกาญจ คำวาริห์และคณะ, 2566) อีกทั้งผู้วิจัยแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ เทคนิคสแคมเพอร์ในขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ในขั้นที่ 4 ขยายความรู้เพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างสร้างสรรค์โดยอาศัยแนวคิดสะเต็มศึกษาบูรณาการข้ามระหว่างศาสตร์สาขา ต่าง ๆ ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มีจุดเด่นของแต่ละ สาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัวเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ในแต่ละแขนงมาบูรณาการใช้ในการ แก้ปัญหา (วิรัชฐา สุริยวงศ์, 2563) ร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เป็นเทคนิคหนึ่ง que พัฒนาความคิด สร้างสรรค์โดยการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดหาวิธีการที่หลากหลาย คิดนอกกรอบ เป็นการคิดแบบ อกเนกนัย (Divergent) (Ozyapark, 2016) ช่วยให้นักเรียนสร้างชิ้นงานได้อย่างสร้างสรรค์และได้ลงมือ ปฏิบัติจริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างอิสระ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ระหว่างเพื่อนในกลุ่ม ได้เชื่อมโยงความรู้เพื่อออกแบบสร้างชิ้นงานเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนสนุก ชอบ และกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม เป็นไปตามทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ (Thorndike's Classical Connectionism) ที่กล่าวว่ากฎแห่งผลที่พึงพอใจ (Law of Effect) เมื่อบุคคลได้รับผลที่ พึงพอใจย่อมอยากจะเรียนรู้ต่อไป แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจจะไม่อยากเรียนรู้ (ทิตนา เขมมณี, 2563) ส่งผลให้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก สอดคล้องกับ ผลการวิจัยของ (นัสรินทร์ ปือซา, 2558) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มทำให้นักเรียน สามารถคิดวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยตัวของนักเรียนเองส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการ เรียนรู้อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (อชิรวัดดี ตั้งสมบัติสันติ, 2560) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อน

ได้รับการจัดการเรียนรู้และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อีกทั้งผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ครูผู้สอนควรศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์อย่างละเอียดก่อนจัดการเรียนการสอนเพื่อให้การสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งควรทำความเข้าใจเนื้อหาก่อนเข้าสอนและเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสม รวมถึงเตรียมสื่อการสอนให้พร้อมครบถ้วนกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น

1.2 ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักการสะเต็มศึกษาเน้นบูรณาการตามสาระการเรียนรู้ไม่แยกสอนเนื้อหาเรื่องเดียวและเน้นใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา

1.3 ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรอธิบายรูปแบบการจัดการสอน รวมถึงแจ้งเกณฑ์การประเมินกับผู้เรียนเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ครูผู้สอนควรเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดลองหรือประดิษฐ์ชิ้นงานอย่างละเอียด ครบถ้วน เพียงพอสำหรับนักเรียนทุกกลุ่ม พร้อมทั้งหากมีอุปกรณ์ที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายควรเตือนให้ผู้เรียนระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์ก่อนทำกิจกรรม

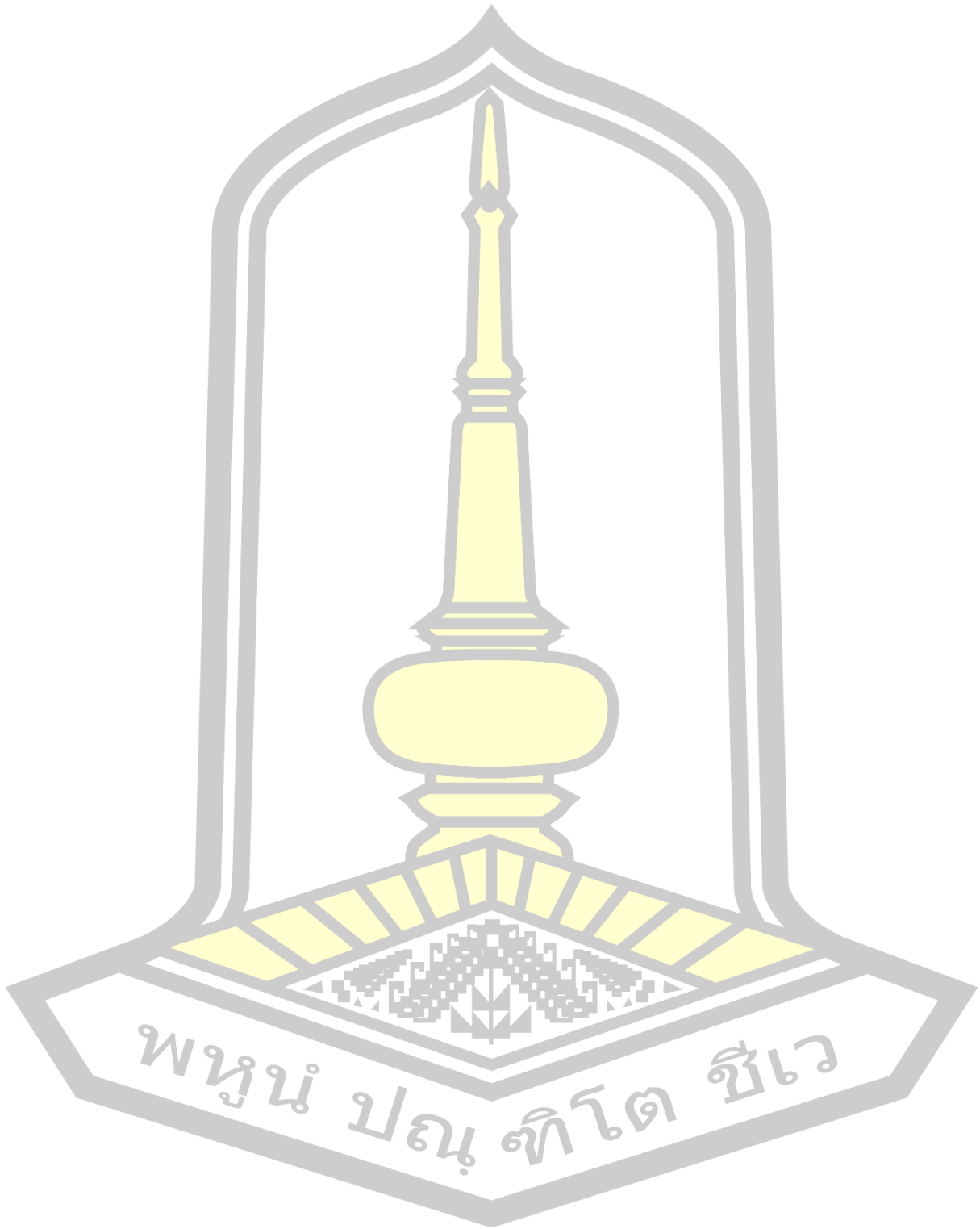
1.4 ครูผู้สอนควรกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมโดยระบุให้ชัดเจน ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้กระชับหรือเพิ่มเวลาในการเรียนรู้นอกห้องเรียนตามความเหมาะสมเพื่อให้การเรียนมีประสิทธิภาพและเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง

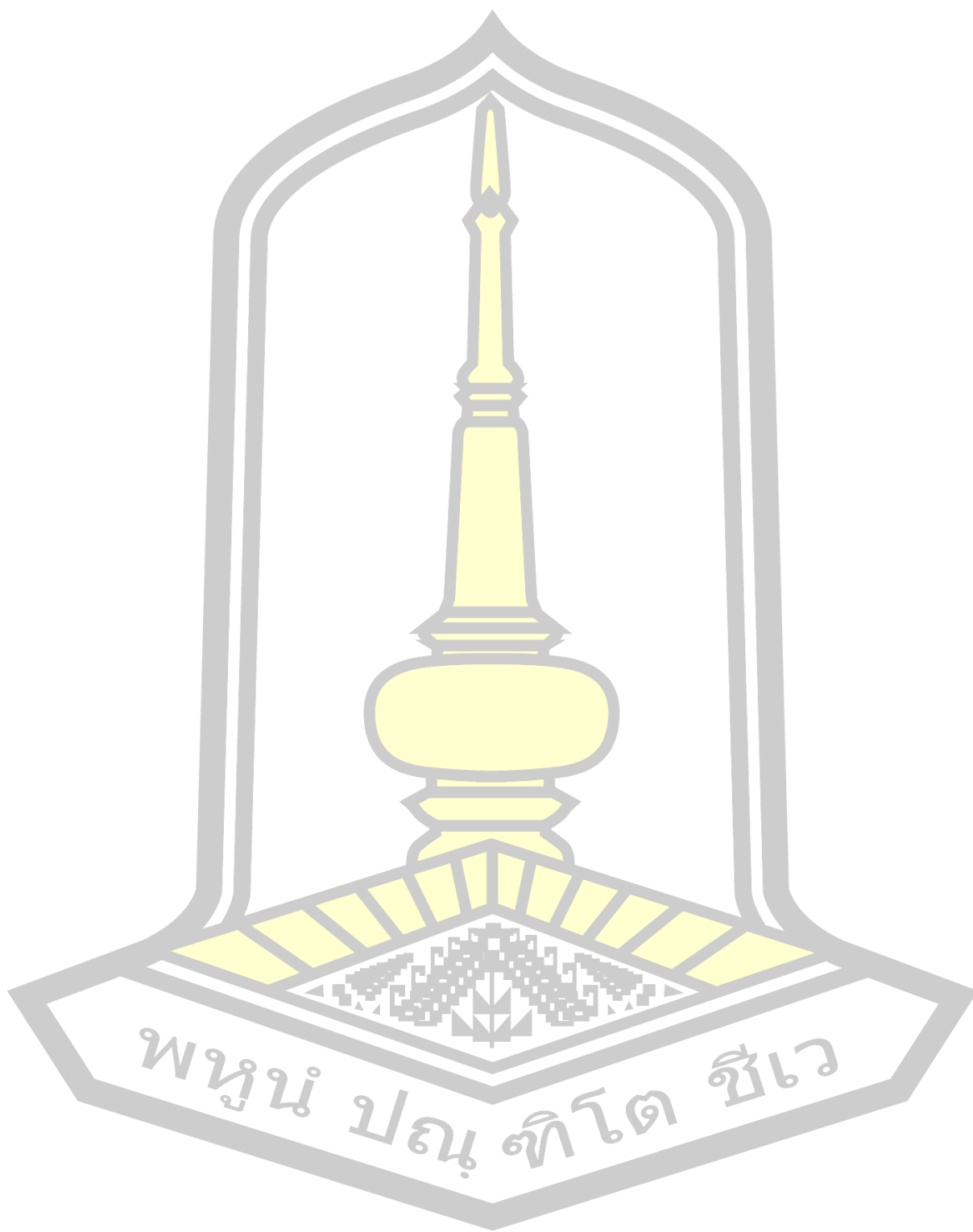
2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ แต่ยังคงพบว่าคุณค่าความคิดสร้างสรรค์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้านความคิดริเริ่มมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ เนื่องจากคำตอบของนักเรียนยังไม่มีแปลกใหม่ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเทคนิคอื่น ๆ ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มให้สูงขึ้น

2.2 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์มีลักษณะของกิจกรรมเน้นการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาแนวทางการทำงานเป็นกลุ่มให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้านให้สูงขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็นมากขึ้นเพื่อให้เกิดความคิดที่แตกต่างและแปลกใหม่จากเดิม

บรรณานุกรม





พญูน์ ปณุ ทิต สวีเว

กขพรรณ วิลาพันธ์และคณะ. (2567). การพัฒนาโมเดลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เพื่อส่งเสริมการเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์*. 11(1), 137 – 154.

กนกกร ทองมาศและคณะ. (2564). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง มหัศจรรย์พืชไร้ดิน. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. 18(2), 127 – 138.

กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 18(4), 334 – 348.

กรณ์ กุระมะสุวรรณ และคณะ. (2568). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาจุฬาลงกรณ*, 16(1), 129-143.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2534). ความคิดสร้างสรรค์ หลักการ ทฤษฎี การเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579. สืบค้นเมื่อ 10 ธ.ค. 2566, <https://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1540>.

กิตติคุณ เขียวสกุล. (2567). ผลของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้วิธีการทดลองทางฟิสิกส์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทัศนคติและมโนทัศน์ต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 52(4), EDUCU5204003-15.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). การคิดเชิงสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ชัดเชสมิเดีย.

ข้าฯพนชี่ จันวงศ์เดือน และวริณดา บรรหาร. (2565). หลักสูตรแกนกลางและหลักสูตรฐานสมรรถนะ. *วารสารครุทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*. 2(2), 89 – 102.

ชฎารัตน์ เองษฎีกุล. (2566). ความคิดสร้างสรรค์: เกิดขึ้นเองหรือพัฒนาได้. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, 13(2), 122-130.

ชนินาด ธงชัย. (2561). ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

ชยพัทธ์ นาคกุลบุตร และคณะ. (2565). การพัฒนาการคิดวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*. 20(1), 241 – 256.

ชัชฎา ทรรณลักษณ์ และประกอบ กรณีกิจ. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้เทคนิคสแคมเพอร์ด้วยคลาวด์เซอร์วิส เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*. 13(4), 23 – 38.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 11(1): 32-45.

ชุติมา วงษ์พระลับ. (2553). ความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างสรรค์ได้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 33(4), 10 – 21.

โชติรส ฮับสมบุญและวันเพ็ญ ประทุมทอง. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริมาณ สัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 19(1), 253-265.

ณัฐกานต์ ภูมิคอนสาร. (2565). ทักษะความคิดสร้างสรรค์ที่หล่นหายไปของผู้เรียนกับการศึกษาในศตวรรษที่ 21. *วารสารคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*. 5(1), 1 – 9.

ณัฐพงศ์ มณีโรจน์, และประสาธน์ เถืองเฉลิม. (2560). ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับนานาชาติ, 1856-18660.

ณัฐวุฒิ ศรีระชา และคณะ. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. 49(4). 1 – 13.

ดวงเนตร สุขสวัสดิ์และวนิดา ฉัตรวิราคม. (2567). การ ใช้ ชุด กิจกรรม วิทยาศาสตร์ ตาม แนว สะเต็ม ศึกษา (STEM Education) เรื่อง ไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Academic MCU Buriram Journal*, 9(2), 128-138.

ดวงสมร อ่อนแสงคุณ. (2565). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน SAKHON MODEL ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *ครุสภาวิทยากร JOURNAL OF TEACHER PROFESSIONAL DEVELOPMENT*. 3(1), 50 – 64.

ต่วนริสา ต่วนสุหลง. (2552) ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2554). การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ทรรศน์พร อ่อนประทุม และมนตรี วงษ์สะพาน. (2567). แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย บุรพา*, 35(2), 1-14.

ทิตนา แคมมณี. (2563). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 8)*. กรุงเทพฯ: แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทพพร โลมารักษ์. (2564). ผลของกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง พาร์มอัจฉริยะที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจ ความพึงพอใจและทัศนคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง พาร์มอัจฉริยะของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์. *Journal of Education Buriram Rajabhat University*, 1(1), 38 -54.

เทอดชัย บัวผาย. (2560). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการสู่การเรียนการสอนในระดับ บัณฑิตศึกษา. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 4(1), 174-183.

ชนะวัชร จริยะภูมิ และ พัลลภ พิริยะสุรวงศ์. (2558). รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*. 7(3), 292 – 302.

นัสรินทร์ ป้อชา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

น้ำฝน คูเจริญไพศาล และคณะ. (2565). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การประดิษฐ์สิ่งของจากวัสดุเหลือใช้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*. 20(2), 196 – 213.

นิชนันท์ คำตา. (2566). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิภา ศรีไพโรจน์. (2533). สถิติอนพาราเมตริก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิยม ศรียะพันธุ์. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น

นุรอาซีกิน สาและ และคณะ. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และ ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4. *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(1), 42-63.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญรัตน์ จันทร และคณะ. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. (น. 227 – 234).

ปฎิมา ชุมร่า. (2565). *การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประเสริฐ เรือนนงการ. (2559). *สถิติศาสตร์ไม่อิงพารามิเตอร์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.

ปรียาดา ทะพิงค์แก. (2566). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 46(3), 28-46.

ปรียาพร วงศ์อนุการโรจน์. (2536). *จิตวิทยาการบริหารบุคคล*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริม.

ปวีณา คำจร. (2564). *ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แรงและเสียง ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ปัญญาวิทย์ แจ่มกระจ่าง. (2564). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้การอ่านเชิงรุกเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านอ่านและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2566). การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. สุนทรฟิล์ม จำกัด.

ปิยะชนก์ เกาสวรรณ. (2561). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พงศกร วังศิลา และคณะ. (2563). การศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 22(3), 150 – 163.

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

พัชรกร พูลบุญ. (2566). การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 9(8), 1763-1774.

พัชรินทร์ แก้วมาเมืองและอำนาจ บุญประเสริฐ (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยใช้ กระบวนการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *The Journal of Sirindhornparithat*, 24(1), 179-190.

พันธิการ์ วัฒนกุล และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์. (2558). ความรู้พื้นฐานและทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 4(1), 84 - 92

พิทยาภรณ์ ปัญญาหอม และคณะ. (2563). หลักสูตรสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ไฟฟ้าสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิจัยเพื่อการปฏิรูปการเรียนรู้*. 3(1), 28 – 42.

พิศิษฐ์ ตัณฑวนิช. (2557). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*. 3(2), 13 – 25.

พีรพงศ์ คงขำและคณะ. (2565). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิค KWDL. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์มจร*, 10(6), 2471-2482.

พีระดลย์ อ่อนสี. (2562). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เพ็ญอรุณ พลนาคและคณะ. (2563). การศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ เจตคติต่อวิชาชีววิทยาของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับสตอรี่ไลน์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 22(4), 160-170.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). การออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มนตรี วงษ์สะพาน. (2563). *พื้นฐานการวิจัยทางหลักสูตรและการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.

มนัสวี ศรีนนท์. (2560). วิเคราะห์การคิดเชิงสร้างสรรค์. *วารสารพุทธมอค์์ ศูนย์วิจัยธรรมศึกษา สำนักเรียนวัดอวสุวิภิกขิตาราม*. 2(2), 40 – 45.

รพีพล อินสุพรรณ และประสาท เนื่องเฉลิม. (2562). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 15.2 (2020): 162-170.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2542). การทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: ที.พี. พรินท์.

รวีวรรณ สุขसार และ ดร.ไพบูลย์ สุทธิ. (2563). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการบริหารการศึกษาและภาวะผู้นำ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*. 9(33), 111 – 120.

รัชวลี วรภูฒิ. (2548). ความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของข้าราชการสำนักงานกรรมการ อุดมศึกษา. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรณู วาริศรี และนิตยา เปลื้องนุช. (2555). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงชีวิตของพืช โดยใช้การสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) ที่มีต่อทักษะการสื่อความหมายข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ความพึงพอใจของ

นักเรียน. *Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)*, 6(2), 148-156.

ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2540). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. ชมรมเด็ก. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วรรณิภา เวทการ และธิติยา บงกชเพชร. (2565). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Journal of Roi Kaensarn Academi*. 8(1), 150 – 164.

วรรณิภา เวทการ และธิติยา บงกชเพชร. (2565). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกลของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(1), 150-164.

วิศรา ชูสกุล และ นฤมล ภูสิงห์. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดสร้างสรรค์หน่วยการเรียนรู้มหัศจรรย์วัสดุของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารมจรอุบลปริทรรศน์*, 8(3), 1617-1625.

วิศรา ชูสกุล และนฤมล ภูสิงห์. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเรียนรู้มหัศจรรย์วัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารมจรอุบลปริทรรศน์*, 8(3), 1617-1625.

วิรัชฐา สุริยวงศ์. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง แสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Journal of Legal Entity Management and Local Innovation*, 6(6), 171-183.

วิรัช หมื่นยงค์ และประภาช เพ็งพุ่ม. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วรรณคดีไทยของนักเรียนชั้น ประถม ศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแผนผังความคิด. *Ratchaphruek Journal*, 22(2), 148-162.

วิลาสินี ทองแถบ. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์นักศึกษาในการเรียนรู้วิชาสื่อและของเล่นสำหรับเด็กปฐมวัย เรื่อง การออกแบบสื่อและของเล่นตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วม กับการสร้างสรรค์เป็นฐานของนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาศึกษาปฐมวัย. *วารสารรัชต์ภาคย์*, 18(61), 443-462.

ศจี อนันต์นพคุณ. (2542). กลวิธีบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพ. สงขลา: วิทยาลัยพยาบาล.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริณญา พรหมคำ. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การดำรงชีวิตของพืชเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ศิริพร เครือทอง และสุพัตรา ฝ่ายจันทร์. (2564). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องกลอย่างง่ายผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 12(1), 38 – 50.

ศิริพร ศรีจันทร์ และคณะ. (2562). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้. วารสารวิชาการแพรวกา ภาพลลิต มหาวิทยาลัยภาพลลิต. 6(1), 157 – 178.

ศิริลักษณ์ กมนัดและคณะ. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อาณาจักรสุโขทัยชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 5(4), 75-84.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการแบบ STEM รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง อ้อย สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 26(1), 224 – 236.

ศิริวรรณ ฉัตรมณีรุ่งเจริญ และมัลลิกา ดาราภัย. (2567). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสงและการมองเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับ โปรแกรมสถานการณ์จำลอง PhET. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 19(1), 199-212.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา: กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555). กระบวนการเทคโนโลยี. สืบค้นจาก: <http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/Designprocess - OnwebforRobotcontest.pdf> สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). การพัฒนาการศึกษากายภาพการเรียนรู้แบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle หรือ 5Es) เพื่อพัฒนาความคิดระดับสูง สำหรับครูผู้สอนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา. [ม.ป.ท. :ม.ป.พ.].

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สนธิ พลชัยยา. (2557). *สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง*. นิตยสาร สสวท. 42(189): 7 – 10.

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สืบค้นเมื่อวันที่ พฤศจิกายน 2563 จาก : <https://biology.ipst.ac.th/?p=688>

สายหยุด อุไรสกุล. (2555). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคนิค SCAMPER. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร ฉบับพิเศษ*. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 5, 56 – 65.

สารีนา ไบโสะดำ1และโรชวรรณา เซพโหลลาม. (2565). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิด สะเต็มศึกษา. งานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 7. (น. 1043 – 1054)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. *วิจัยทัศน์*. สืบค้นเมื่อ 2 ธ.ค. 2566, <https://cbethailand.com>.

สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน). (2561). *THE KNOWLEDGE STEM EDUCATION*. นิตยสารพัฒนาความรู้และความคิดสร้างสรรค์. 2(9), 1 – 24.

สำราญ ดวงตาน้อย และน้อยทิพย์ ลีมยิ่งเจริญ. (2552). การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 32(1), 91 – 98.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201-207.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สีบพงษ์ ปราบใหญ่. (2560). นวัตกรรมการเรียนรู้กับการส่งเสริมสะเต็มศึกษา. *วารสารวิชาการปทุมวัน*. 7(20), 45 – 57.

สุจิตตรา จันท์ลอยและคณะ. (2565). รูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมการศึกษาสร้างสรรค์ของนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏ. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*. 17(2), 65 – 75.

สุพธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะสมเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะสมเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 10(2), 13 – 34.

สุธาธิณี กรุดเงิน. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้บูรณาการแนวคิดสะสมเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

สุภกาญจน์ คำวารีห์ และคณะ. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้วิธีสืบเสาะหาความรู้ (5E). วารสารราชภัฏ สุรินทร์วิชาการ, 1(6), 31-44.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์. เสาวภาคย์ พรสุริวงศ์. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนรินทร์.

เสาวภาคย์ พรสุริวงศ์. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนรินทร์.

หัตสนัส เพ็งสันเทียะ. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

หัตสนัส เพ็งสันเทียะ. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อดิศร บรรหาร. (2560). การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสะสมเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อภิสิทธิ์ ңыз. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์. 31(3): 48 – 53.

อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ. (2535). ความพึงพอใจของสมาชิกที่มีต่อบทบาทของสหกรณ์การเกษตรสารภี จำกัด. (วิทยานิพนธ์เทคโนโลยีการเกษตรมหาบัณฑิต). สถาบันเทคโนโลยีแม่โจ้.

อับดุลยามีน หะยีซาเดร์ และคณะ. (2562). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 30(1), 171-181.

อับดุลยามีน หะยีซาเดร์. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อารี พันธมณี. (2547). ฝึกให้คิดเป็นคิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ : ไยใหม่ เอ็ดดูเคท.

อารี รังสีนนท์. (2527). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ธนกิจการพิมพ์.

เอกภูมิ จันทรวงศ์. (2559). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*. 8(1), 205 – 217.

Altiparmak, T & Eryilmaz-Muştu. (2021). The effects of scamper technique activities in the 8th grade simple machines unit on students' academic achievement, motivation and attitude towards science lessons. *International Journal of Educational Methodology*, 7(1), 155-170.

Bybee et al. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origin and Effectiveness. Colorado Springs: BSCS.

Daud, A. M., Omar, J., Turiman, P., and Osman, K. (2012). "Creativity in Science Education," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 59 : 467-474.

De Bono. (1982). *Lateral Thinking: A Text book of Creativity*. Harondswort: penquin book.

Drucker, P.E. (2022). The Discipline of Innovation. *Harvard Business Review*. (August): 95 – 103.

Eberle, B. (1996). *Scamper On: Games for imagination development*: Prufrock Press Inc.

Good, T.L.; & Brophy, J.E. (1986). *Educational Psychology: A Realistic Approach*. New York: Longman, p.6

Good. (1973). Dictionary of Education. New York: McGraw – Hill.

Guilford, J.P. (1959). Traits of Creativity. In H.H. Anderson (ed). Creativity and its Cultivation. New York: Harper & Row.

Guilford, J.P.(1967). The Nature of Human Intelligence. New York : McGraw-Hill Book Co.

Guilford. J.P. (1988). Some Change in the Structure of Intellect Model. Education and Psychological Measurement, 4(8), 1 – 4.

Hassan, S. M. (2023). SCAMPER as a creative idea generation method: Case study on graphic design students. *Inf. Sci. Lett*, 12, 1417-1428.

IsKandar et al. (2020). Development of creative thinking skills through STEM – based instruction in senior high school student. *6th International Conference on Mathematics, Science, and Education*. 1567. <https://doi:10.1088/1742-6596/1567/4/042043>.

Jong Boonpracha. (2023). SCAMPER for creativity of students' creative idea creation in product design. *Thinking Skills and Creativity*. 48 (2023) 101282. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101282>.

Kaemmani, T. (2020). Teaching science: Knowledge for organizing effective learning processes(24th ed.). Chulalongkorn University Press.

Klopfer, L.E. (1971). *Evaluation of learning in science*, Handbook on formative and summative evaluation of student learning. New York: McGraw – Hill hook company.

Lawson, A. E. (1995). Science teaching and the development of thinking. Belmont: Wadsworth.

Ong, E., Luo, X., Yuan, J., & Yingprayoon, J. (2020). The effectiveness of a professional development program the use of STEM-based inquiry learning model for science teachers in China. *Science Education International*, 31(2), 179-184. doi: 10.33828/sei.v31.i2.7

Osborn, A.F. (1963). Creative Imagination. New York: Charles Serbners Sons.

Ozyapark, M. (2016). The effectiveness of scamper technique on creative thinking skills. *Journal for the education of gifted young*, 4(1), 31 – 40.

Rasol Abdullah Mirzaaie and Fatemeh Shahbazloo. (2023). Investigating the effect of 5E-based STEM education in solar energy context on creativity and academic achievement of female junior high school students. *Thinking skills and Creativity*. 49.

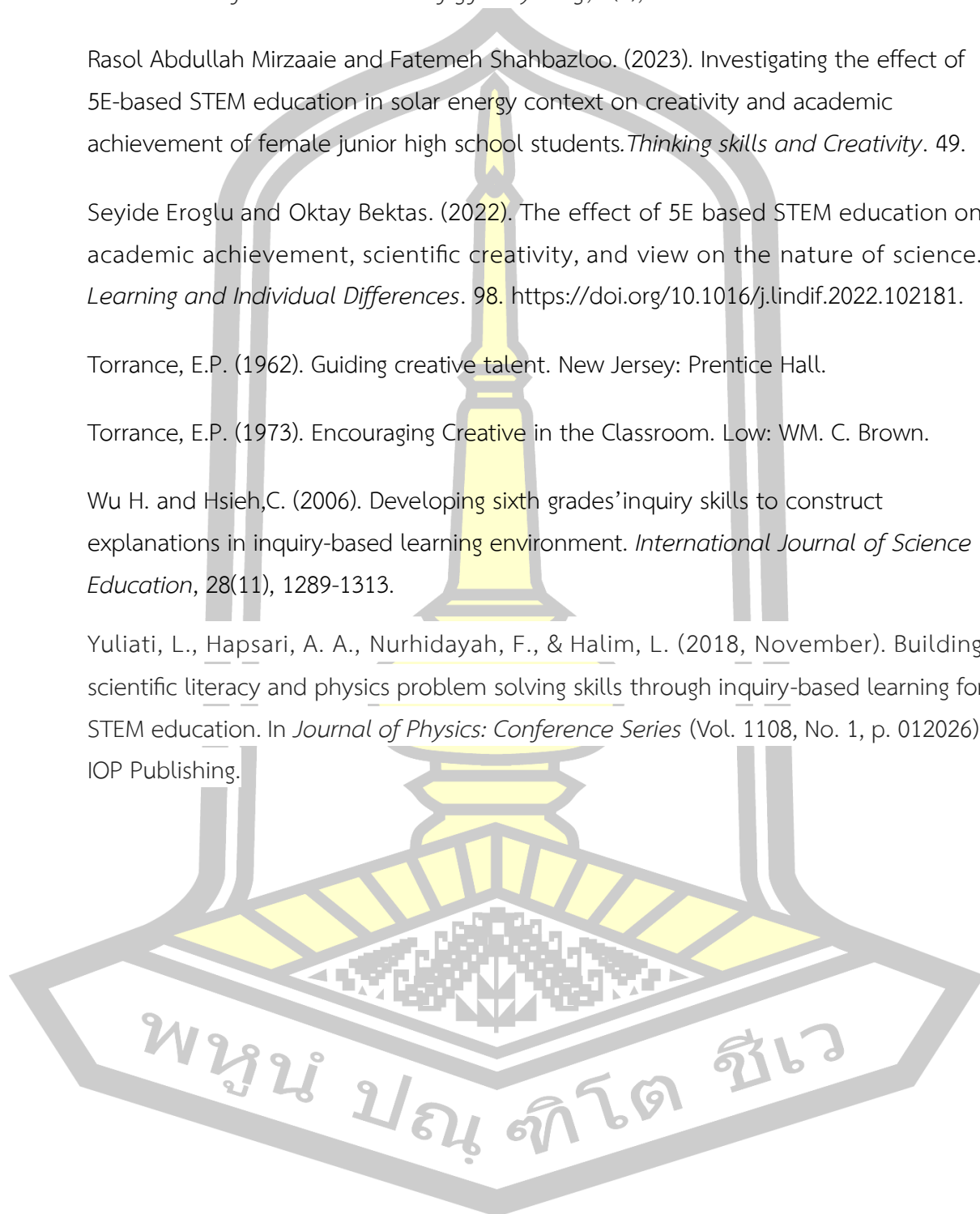
Seyide Eroglu and Oktay Bektas. (2022). The effect of 5E based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and view on the nature of science. *Learning and Individual Differences*. 98. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102181>.

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

Torrance, E.P. (1973). *Encouraging Creative in the Classroom*. Low: WM. C. Brown.

Wu H. and Hsieh,C. (2006). Developing sixth grades' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environment. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289-1313.

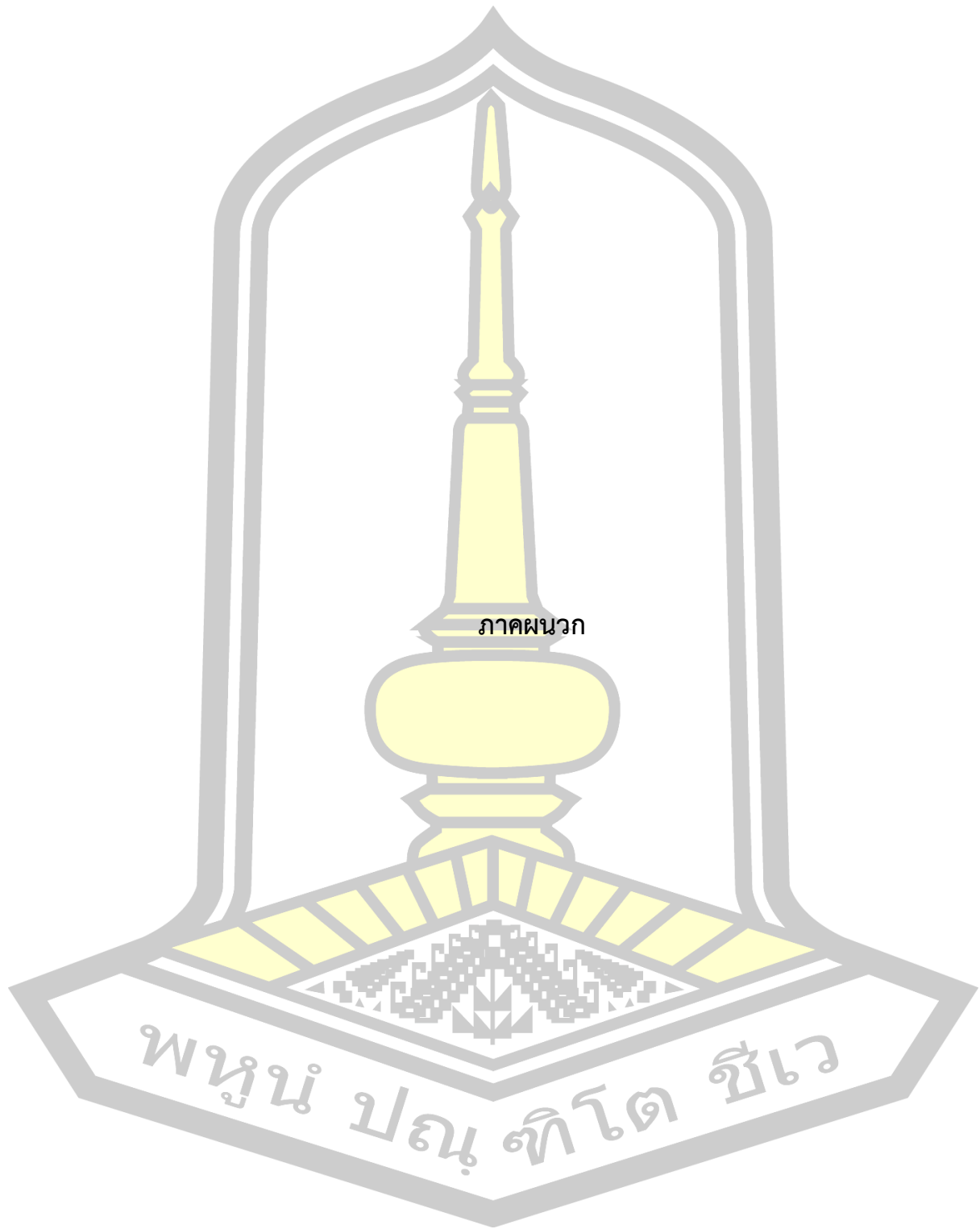
Yuliati, L., Hapsari, A. A., Nurhidayah, F., & Halim, L. (2018, November). Building scientific literacy and physics problem solving skills through inquiry-based learning for STEM education. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1108, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.



ประวัติผู้เขียน

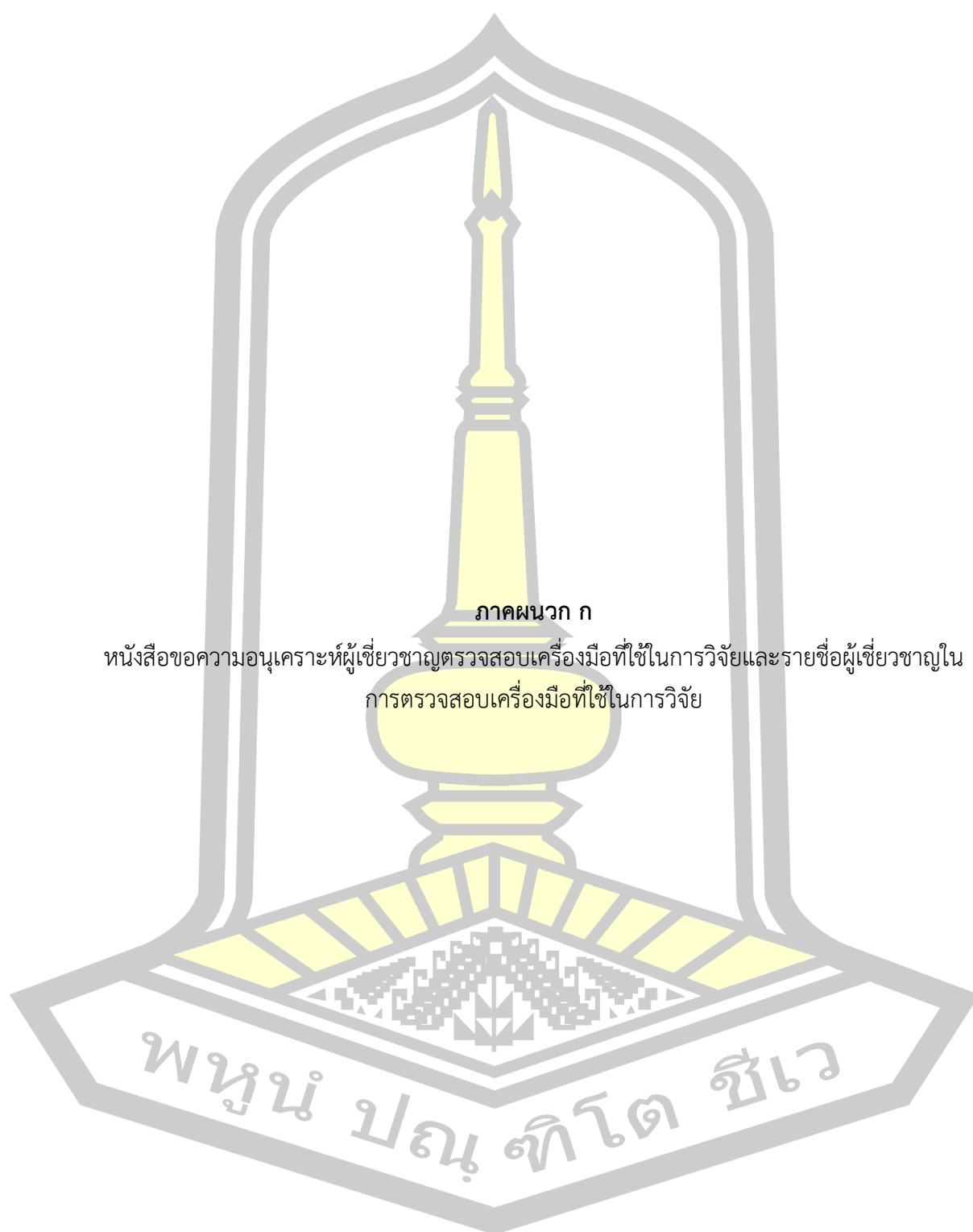
ชื่อ	พัชรिता นิลารัตน์
วันเกิด	28 สิงหาคม 2539
สถานที่เกิด	อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 84 หมู่ 3 บ้านหนองเดิน ตำบลชุมพร อำเภอเมยวดี จังหวัดร้อยเอ็ด 45250
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2561 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

พูนุ่ ปณุ่ ทิโต ชีเว



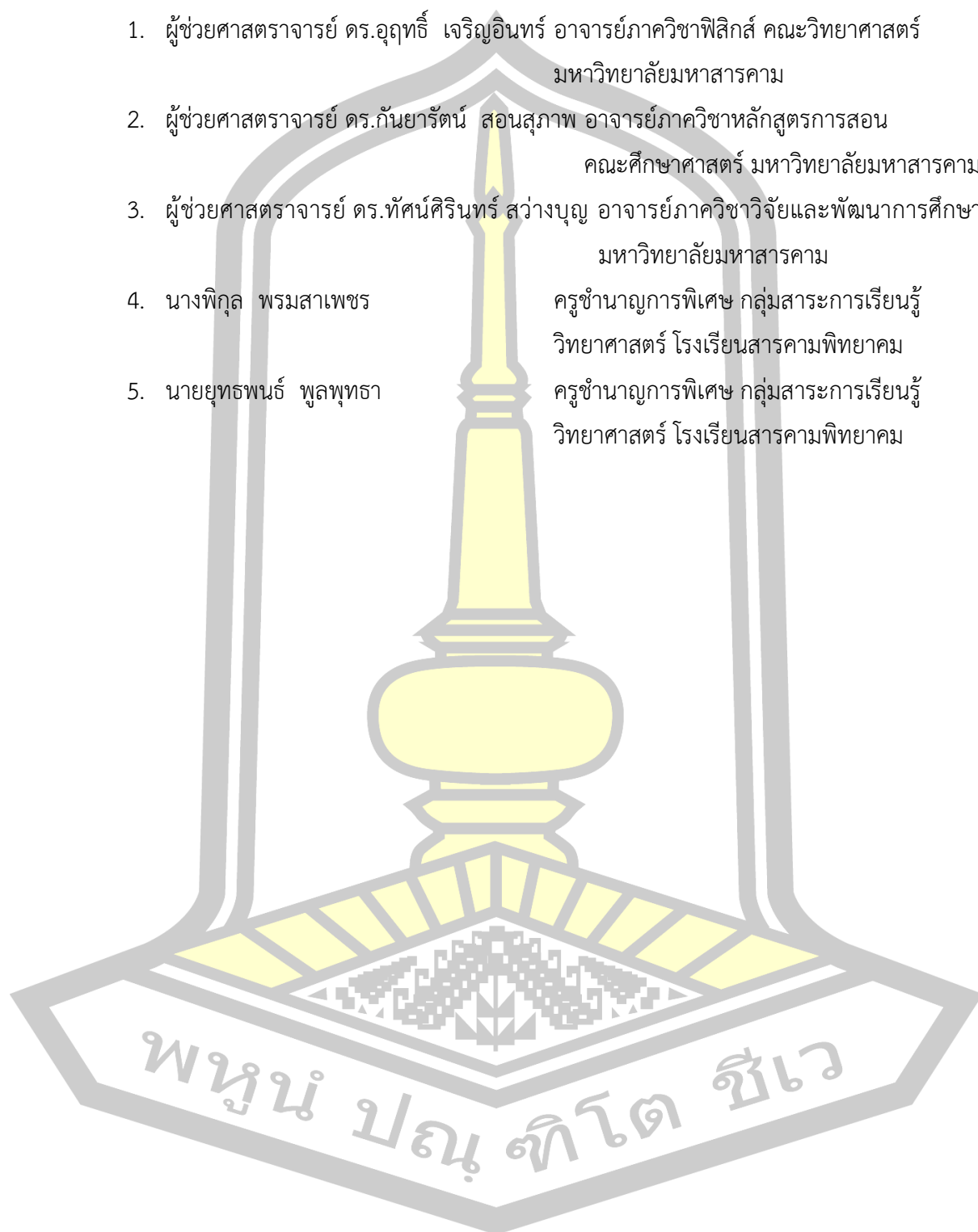
ภาคผนวก

พหุ ประทีป ชัยเว



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทธี เจริญอินทร์ อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญยรัตน์ สอนสุภาพ อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ อาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนากการศึกษา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. นางพิกุล พรหมสาเพชร ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม
5. นายยุทธพนธ์ พูลพุทธา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทรสาร. 0-4372-1764 ภายใน 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ ว1170

วันที่ 13 พฤษภาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์

ด้วย นางสาวพัชริดา นิลารัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์" ซึ่งเป็นงานวิจัยในรายวิชา (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุลีออน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทรสาร. 0-4372-1764 ภายใน 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว1170

วันที่ 13 พฤษภาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ

ด้วย นางสาวพัชริดา นิลารัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์" ซึ่งเป็นงานวิจัยในรายวิชา (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุลีออน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทรสาร. 0-4372-1764 ภายใน 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ ว1170

วันที่ 13 พฤษภาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นางสาวพัชรีดา นิลารัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์" ซึ่งเป็นงานวิจัยในรายวิชา (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุลีออน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





ที่ อว 0605.5(2)/ ว1170

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 พฤษภาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นางพิกุล พรหมสาเพชร

ด้วย นางสาวพัชริดา นิลารัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216
โทรสาร 0-4371-3147



ที่ อว 0605.5(2)/ ว1170

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 พฤษภาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน นายยุทธพันธ์ พูลพุทธา

ด้วย นางสาวพัชริดา นิลารัตน์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4375-4322-40 ต่อ 6216
โทรสาร 0-4371-3147



แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

เวลา 9 ชั่วโมง

เรื่อง การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 1/2567

ชั้น วันที่ / / คาบที่

ชั้น วันที่ / / คาบที่

ผู้สอน นางสาวพัชริดา นิลารัตน์

1. ผลการจัดการเรียนรู้

ทดลองและอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงกับการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายได้ (K)
2. นักเรียนสามารถทดลองหาคาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายได้ (P)
3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อหาความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายได้อย่างสร้างสรรค์ (P)
4. นักเรียนมีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A)

3. สารสำคัญ

การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบไปด้วยลูกตุ้มมวล m แขนงที่ปลายด้านหนึ่งของเชือกเบาที่มีความยาว l โดยปลายอีกด้านผูกยึดติดตายตัวที่จุดใดจุดหนึ่ง เมื่อดึงลูกตุ้มให้ทำมุม θ กับแนวตั้งในตำแหน่งสมดุลแล้วปล่อยมือจะมีแรงดึงกลับ (Restoring Force) F กระทำต่อลูกตุ้มมวล m ดึงให้ลูกตุ้มเคลื่อนที่กลับไปอีกด้านผ่านตำแหน่งสมดุลและเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งเดิม โดยแรงดึงกลับดังกล่าวสามารถแทนได้ด้วยสมการ

$$F = -mg\sin\theta \quad (1)$$

โดย สามารถแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เชิงมุมกับความยาวเชือก ได้ดังสมการ

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (2)$$

และแสดงความสัมพันธ์ของความถี่เชิงมุมกับคาบและความถี่จะได้ดังสมการ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (4)$$

4. สาระการเรียนรู้

แรงกับการสั่นของมวลติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่าย
 – การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

5. กิจกรรม/กระบวนการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคนิคแคมเพอร์ มีลำดับขั้นและรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)

1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้

1.1 คุณครูให้นักเรียนดูรูปภาพพร้อมกับตั้งคำถาม “การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา และการเคลื่อนที่ของชิงช้า มีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร” (แนวคำตอบ: เคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำ รอยการเคลื่อนที่เดิม โดยมีคาบและแอมพลิจูดคงตัว)



ที่มา : <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/5473>



ที่มา : คลังภาพ อจท.

รูปที่ 1

1.2 คุณครูขอตัวแทนนักเรียนออกมาหน้าชั้นเรียนสาธิตการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยผูก วัตถุมวล m ติดกับปลายเชือกที่มีความยาว l พร้อมกับตั้งคำถาม “หากนักเรียนเปลี่ยนความยาวเชือก คาบการแกว่งจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร”

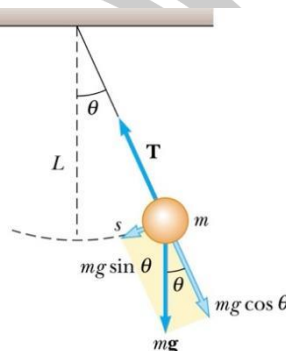
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

- 2.1 คุณครูให้นักเรียนนักเรียนแบ่งกลุ่มอย่างอิสระ จำนวนกลุ่มละ 6 – 7 คน
- 2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ ลูกกลมโลหะ เชือกด้าย ไม้เมตร นาฬิกาจับเวลา และขาตั้ง
- 2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 1
- 2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม พร้อมกับบันทึกผลลงในแบบบันทึกผลของใบกิจกรรมที่ 1

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

- 3.1 คุณครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 1 กลุ่ม ออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมที่กลุ่มของตนเองได้ทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน
- 3.2 นักเรียนและคุณครูร่วมกันสรุปสาระสำคัญที่ได้จากกิจกรรม โดยตอบคำถามดังต่อไปนี้
 - คุณครูตั้งคำถาม “จากการทำกิจกรรมการทดลองเรื่องลูกตุ้มอย่างง่าย กราฟ T กับ l มีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด” (แนวคำตอบ: มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (เป็นเส้นโค้ง))
 - คุณครูตั้งคำถาม “จากการทำกิจกรรมการทดลองเรื่องลูกตุ้มอย่างง่าย กราฟ T กับ \sqrt{l} มีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด” (แนวคำตอบ: มีลักษณะเป็นเชิงเส้น (เป็นกราฟเส้นตรง))
 - คุณครูตั้งคำถาม “กราฟ T กับ \sqrt{l} มีความสัมพันธ์กันอย่างไร” (แนวคำตอบ: T กับ \sqrt{l} เป็นกราฟเส้นตรง จะเห็นได้ว่า เมื่อความยาวเชือกเพิ่มขึ้น คาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย)
 - คุณครูตั้งคำถาม “จากกราฟ T กับ \sqrt{l} จะได้ $T \propto \sqrt{l}$ เราสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ได้อย่างไร” (แนวคำตอบ: $T = k\sqrt{l}$ จะได้ $k = \frac{T}{\sqrt{l}}$)
 - คุณครูตั้งคำถาม “เมื่อตั้งลูกตุ้มมวล m ให้ทำมุม θ กับแนวตั้งจากตำแหน่งสมดุล หลังจากปล่อยมือทำไมลูกตุ้มมวล m จึงเคลื่อนที่ไปอีกด้านและเคลื่อนที่กลับไปมาซ้ำรอยการเคลื่อนที่เดิม” (แนวคำตอบ: มีแรง F กระทำต่อลูกตุ้มมวล m)

- คุณครูอธิบายเพิ่มเติม “เราเรียกแรง F นี้ว่า แรงดึงกลับ (Restoring Force)”
- คุณครูตั้งคำถาม “จากรูป แรงดึงกลับ สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการของแรงได้อย่างไร”



(แนวคำตอบ:)

- คุณครูตั้งคำถาม “เมื่อความสัมพันธ์ของความถี่เชิงมุมกับคาบ เท่ากับ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ และความสัมพันธ์ของความถี่เชิงมุมกับความยาวเชือก เท่ากับ $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ นักเรียนสามารถเขียนสมการของคาบที่เป็นฟังก์ชันกับความยาวเชือกได้อย่างไร” (แนวคำตอบ:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

- คุณครูตั้งคำถาม “นักเรียนสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่าง คาบ และความถี่ได้อย่างไร” (แนวคำตอบ: $f = \frac{1}{T}$ และ $T = \frac{1}{f}$)

- คุณครูตั้งคำถาม “จากสมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ นักเรียนสามารถปรับสมการดังกล่าวให้อยู่ในรูปของสมการความถี่ได้อย่างไร” (แนวคำตอบ: $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$)

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

- 4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 2
- 4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม โดยระบุปัญหา สืบค้นความรู้และรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำไปแก้ปัญหา ออกแบบและสร้างชิ้นงาน ทดสอบชิ้นงาน ปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้คำถามจากเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) พร้อมบันทึกลงในแบบบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ให้เรียบร้อยและเตรียมข้อมูลเพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมหน้าชั้นเรียน

4.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทำใบกิจกรรมที่ 2 กับเพื่อนทั้งห้องเพื่อสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม โดยคุณครูนำเสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้ “หลังจากเลิกเรียนแล้วนายเอเดินทางกลับบ้าน เมื่อถึงบ้านนายเอได้รับโทรศัพท์จากพ่อ พ่อบอกกับนายเอว่าพ่ออยู่ศูนย์เฟอร์นิเจอร์ กำลังจะเลือกซื้อตู้เสื้อผ้าเข้าบ้าน ก่อนซื้อต้องมั่นใจก่อนว่าจะสามารถเคลื่อนตู้เสื้อผ้าผ่านประตูได้โดยไม่ติดขัด พ่อจำได้แค่ความกว้างของประตูมีขนาดเท่ากับ 80 เซนติเมตร แต่พ่อจำความสูงของประตูไม่ได้จึงให้นายเอช่วยวัดความสูงของประตูให้รวดเร็วที่สุด ซึ่งนายเอมีเวลาเพียง 20 นาทีก่อนที่ร้านเฟอร์นิเจอร์จะปิด นายเอจึงหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดภายในบ้านพบว่าไม่มี ไม้บรรทัด หรือ ตลับเมตร แต่วันนี้ที่โรงเรียนนายเอได้เรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย ดังนั้นนายเอจึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายให้มีความรวดเร็วและแม่นยำที่สุด”

4.3.1 คุณครูตั้งคำถาม “จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร” (แนวคำตอบ: ไม่รู้ความสูงของประตู)

4.3.2 ครูตั้งคำถาม “มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุ” (แนวคำตอบ: การแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย การปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระ กฎอนุรักษ์พลังงาน ความดัน การวัด และเครื่องมือวัด)

4.3.3 คุณครูตั้งคำถาม “จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง” (แนวคำตอบ: ไม่มีเครื่องมือวัดระยะ เช่น ไม้บรรทัด ตลับเมตร หรือไม้เมตร และมีอุปกรณ์ที่สามารถจะประยุกต์ใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายในการหาความสูงได้)

4.3.4 คุณครูตั้งคำถาม “จากเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์นักเรียนสามารถหาความสูงของวัตถุได้ด้วยวิธีการใด” (แนวคำตอบ: ประยุกต์ใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายในการหาความสูง)

— คุณครูตั้งคำถาม “อุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดความสูงโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบไปด้วยอะไรบ้าง” (แนวคำตอบ: 1. มวล 2. เชือก 3. นาฬิกาจับเวลา)

4.3.5 คุณครูสรุปการออกแบบเครื่องมือวัดความสูงของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยให้เขียนแบบร่างของเครื่องมือวัดความสูงบนกระดานรวมถึง ระบุวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้พร้อมกับอธิบายผลการทดสอบ

4.3.6 คุณครูสรุปการปรับปรุงเครื่องมือวัดความสูง โดยใช้คำถามจากเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ดังต่อไปนี้

— นักเรียนคิดว่าจะสามารถนำวัสดุใดมา**ทดแทน**วัสดุเดิมเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด โดยมีความหลากหลายทั้งชนิดและประเภทของวัสดุ มีความหลากหลายทั้งคุณสมบัติ และความยืดหยุ่นในการใช้งาน และให้มีความหลากหลายในมุมมองและแนวคิดที่แปลกใหม่ (คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่ม)

(แนวคำตอบ: เชือกด้าย เส้นเอ็น สายไฟ ลวด เชือกไนลอน ดินน้ำมัน นี้อต ไม้ไอติม ยางลบ ฝาขวดน้ำ ลูกปิงปอง ก้อนหิน ถูทราย ดินสอ เหยียด ขวดน้ำ พวงกุญแจ ขาตั้งที่ปรับความสูงได้ แอปพลิเคชันจับเวลาบนโทรศัพท์ โปรแทรกเตอร์ (Protractor)

1. วัสดุที่ใช้เป็นมวล ได้แก่ ดินน้ำมัน นี้อต ไม้ไอติม ยางลบ ฝาขวดน้ำ ลูกปิงปอง ก้อนหิน ถูทราย ดินสอ ขวดน้ำ พวงกุญแจ
2. วัสดุที่ใช้สำหรับแกว่ง ได้แก่ เชือกด้าย เส้นเอ็น สายไฟ ลวด เชือกไนลอน
3. วัสดุที่ใช้สำหรับจับเวลา ได้แก่ แอปพลิเคชันจับเวลาบนโทรศัพท์ แอปพลิเคชันสำเร็จรูปวัดคาบการสั่น
4. วัสดุที่ใช้สำหรับวัดมุม ได้แก่ โปรแทรกเตอร์ (Protractor)

— นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมา**รวมเข้าด้วยกัน**ได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (แนวคำตอบ: รวมมวลกับนาฬิกาจับเวลาเข้าด้วยกัน)

— นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมา**ปรับใช้**กับเครื่องมือวัดความสูงเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นได้บ้าง (แนวคำตอบ: ใช้ประโยชน์จากแอปพลิเคชันสำเร็จรูปในโทรศัพท์มาปรับใช้เพื่อหาคาบการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย)

— นักเรียนคิดว่าสามารถ**ดัดแปลง**ส่วนใดได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (แนวคำตอบ: ดัดแปลงรูปทรงของมวลให้เป็นทรงกลมหรือรูปทรงที่มีรูปร่างสมมาตรเพื่อลดแรงต้านอากาศ)

— นักเรียนคิดว่าสามารถ**เปลี่ยนส่วนประกอบ**หรือ**เปลี่ยนวิธีการ**ใดได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (แนวคำตอบ: เปลี่ยนวิธีการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายจากการจับด้วยมือเป็นแขนที่ขอบบนของประตูดึงให้แน่นแล้วทำการแกว่งลูกตุ้ม)

— นักเรียนคิดว่าสามารถ**ลดจำนวนอุปกรณ์**หรือ**ลดขั้นตอน**ใดของเครื่องมือวัดความสูงได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (แนวคำตอบ: ลดขนาดของมวล, ลดขนาดของเชือก)

— นักเรียนคิดว่าสามารถจัดเรียงลำดับขั้นตอนในการหาความสูงใหม่ได้
อย่างไรบ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (คิดละเอียดลออ) (แนวคำตอบ: 1.วัด
ความยาวของเชือกให้เท่ากับความสูงของประตู 2.วัดมุมที่ใช้ในการแกว่งให้มีค่าน้อยกว่า 5 องศา 3.
แกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย 4.วัดคาบการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย 20 รอบและทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย
เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด)

4.3.7 คุณครูสรุปข้อดี ข้อด้อย และแนวทางในการปรับปรุงของเครื่องมือวัดความสูง
ของวัตถุ โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

— คุณครูตั้งคำถาม “วัสดุใดบ้างเมื่อใช้สร้างเป็นเครื่องมือวัดความสูงแล้วมี
ความคลาดเคลื่อนน้อยลง เพราะอะไร” (แนวคำตอบ: เส้นเอ็นและดินน้ำมัน เพราะเส้นเอ็นมีขนาด
เล็กจึงทำให้แรงต้านอากาศน้อย และดินน้ำมันสามารถดัดแปลงมวลให้มีลักษณะเป็นทรงกลมได้ส่งผล
ให้ขณะแกว่งมวลมีแรงต้านอากาศน้อย)

— คุณครูตั้งคำถาม “วัสดุใดบ้างเมื่อใช้สร้างเป็นเครื่องมือวัดความสูงแล้วมี
ความคลาดเคลื่อนมากขึ้น เพราะอะไร” (แนวคำตอบ: ไม้ไผ่และเชือกด้าย เพราะไม้ไผ่มีน้ำหนัก
เบาเมื่อแขวนมวลกับเชือกแล้วเชือกไม่ตึงจึงทำให้เกิดแรงต้านอากาศมาก)

— คุณครูตั้งคำถาม “นักเรียนจะมีแนวทางในการปรับปรุงเครื่องมือวัดความ
สูงได้อย่างไรเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น” (แนวคำตอบ: 1. มวลควรจะมีลักษณะเป็นทรงกลมและ
มีน้ำหนักเพราะจะทำให้เชือกตึงเมื่อแกว่งจะทำให้มีแรงต้านอากาศน้อย 2. ดึงมวลออกจากตำแหน่ง
สมดุลทำมุม θ กับแนวตั้งประมาณ 5 องศาเพื่อให้ลูกตุ้มแกว่งด้วยคาบคงที่ 3. ปลอ่ยให้มวลแกว่ง
พร้อมกับจับเวลาที่ใช้ในการแกว่งประมาณ 20 – 30 รอบ บันทึกเวลาและทำการทดลองซ้ำอีกสอง
ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย)

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 นักเรียนรับใบกิจกรรมที่ 3

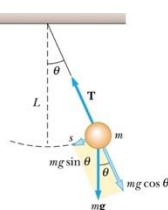
5.2 นักเรียนลงมือทำใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

5.3 คุณครูสุ่มตัวแทนนักเรียนตอบคำถามจากใบกิจกรรมที่ 3 โดยเขียนคำตอบบนกระดาน
หน้าชั้นเรียนดังนี้

— จงอธิบายความหมายของแรงดึงกลับ (แนวคำตอบ: แรงดึงกลับ หมายถึง
แรงที่กระทำต่อมวล m ให้เคลื่อนที่ไปอีกด้านผ่านตำแหน่งสมดุลและเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งเดิม)

— จากรูปจงบอกแรงดึงกลับ (Restoring Force)

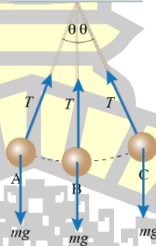
(แนวคำตอบ: แรงดึงกลับ คือ $F = -mg \sin \theta$ สามารถเขียนแรงที่กระทำต่อมวล m ได้ดังนี้



— ลูกตุ้มเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายระหว่างจุด A และจุด C โดย B เป็นจุดต่ำสุดดังรูป

จงเขียนแผนภาพแสดงแรงกระทำต่อลูกตุ้ม ในขณะที่ลูกตุ้มอยู่ที่จุด A จุด B และจุด C

(แนวคำตอบ:



5.4 คุณครูประเมินความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงานของนักเรียน

พูน ปณ ทิโต ชีเว

6. การวัดและประเมินผล

6.1 การวัดผล

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้วัด	เกณฑ์ผ่านการประเมิน
นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงกับการสั่นของลูกตุ้มอย่างง่ายได้ (K)	ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3	แบบบันทึกกิจกรรมที่ 3	นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม
นักเรียนสามารถทดลองหาคาบการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายได้ (P)	ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1	แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1	นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม
นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อหาความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายได้อย่างสร้างสรรค์ (P)	ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 (คะแนนรวม 44 คะแนน) -การออกแบบและสร้างชิ้นงาน ข้อ 1 – 6 ข้อละ 2 คะแนน (คะแนนรวม 28 คะแนน) -ความคิดสร้างสรรค์ ข้อ 5.1.1 คิดค่องคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดยึดหยุ่นคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดละเอียดลออคะแนนเต็ม 4 คะแนน (คะแนนรวม 12 คะแนน) ข้อ 5.1.7 คิดละเอียดลออคะแนนเต็ม 4 คะแนน (คะแนนรวม 4 คะแนน)	แบบบันทึกกิจกรรมที่ 2	- นักเรียนได้คะแนนแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม 44 คะแนน - นักเรียนได้คะแนนคิดสร้างสรรค์ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม 16 คะแนน
นักเรียนมีความตั้งใจใฝ่เรียนรู้ (A)	สังเกตพฤติกรรมรายบุคคลในระหว่างทำการเรียนการสอน	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	นักเรียนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป



แนวคำตอบใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

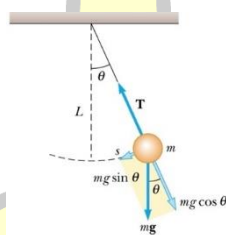
คำชี้แจง: ให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อให้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ที่สุด

1. จงอธิบายความหมายของแรงดึงกลับ (2 คะแนน)

แรงดึงกลับ หมายถึง แรงที่กระทำต่อมวล m ให้เคลื่อนที่ไปอีกด้านผ่านตำแหน่งสมดุลและเคลื่อนที่กลับมาตำแหน่งเดิม

2. จากรูปจงบอกแรงดึงกลับ (restoring force) (2 คะแนน)

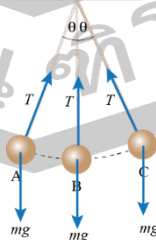
...แรงดึงกลับ คือ $F = -mg \sin \theta$ สามารถเขียนแรงที่กระทำต่อมวล m ได้ดังนี้



3. ลูกตุ้มเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายระหว่างจุด A และจุด C โดย B เป็นจุดต่ำสุดดังรูป (2 คะแนน)

จงเขียนแผนภาพแสดงแรงกระทำต่อลูกตุ้ม ในขณะที่ลูกตุ้มอยู่ที่จุด A จุด B และจุด C

แนวคำตอบ





แนวคำตอบใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

จุดประสงค์

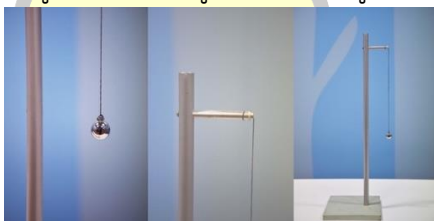
1. หาคาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย
2. หาคความสัมพันธ์ระหว่างคาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย (T) กับรากที่สองของความยาวเชือก (\sqrt{l})

วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|--------------------|---------|
| 1. ลูกกลมโลหะ | 1 ลูก |
| 2. เชือกเบา (ด้าย) | 1 เมตร |
| 3. ไม้เมตร | 1 อัน |
| 4. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |
| 5. ขาตั้ง | 1 ชุด |

วิธีทำกิจกรรม

1. จัดอุปกรณ์ โดยใช้เชือกผูกกับลูกกลมโลหะ ดังรูป ก. และปลายเชือกอีกด้านหนึ่งผูกติดกับแขนของขาตั้งดังรูป ข. และแขวนลูกกลมโลหะอยู่ในแนวตั้ง ดังรูป ค.



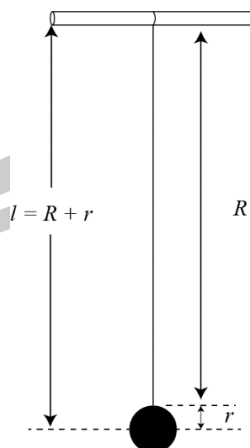
รูป ก.

รูป ข.

รูป ค.

2. วัดความยาวเชือก l โดยวัดจากตำแหน่งที่ตรึงเชือกถึงจุดศูนย์กลางมวลของลูกกลมโลหะ ดังรูป และบันทึกผลในตาราง

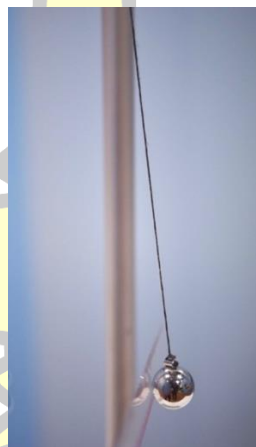
พหุ ประถมศึกษา



รูป ตัวอย่างการวัดความยาวเชือก l

3. ดึงหรือใช้ไม้บรรทัดทำให้ลูกกลมโลหะทำมุม θ กับแนวตั้ง โดย θ น้อยกว่า 10 องศา ดัง

รูป



รูป ลูกกลมโลหะทำมุมกับแนวตั้ง

ปล่อยให้ลูกกลมโลหะแกว่งพร้อมกับจับเวลาที่ใช้ในการแกว่ง 30 รอบ บันทึกเวลาจากนั้นทำการทดลองซ้ำอีกสองครั้ง

4. คำนวณเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแกว่ง 30 รอบ ($t_{30รอบ}$) คาบ (T) และบันทึกผลในตารางบันทึกผล

5. ทำซ้ำตามข้อ 1 – 4 โดยเปลี่ยนความยาวของเชือกอีก 4 ค่า

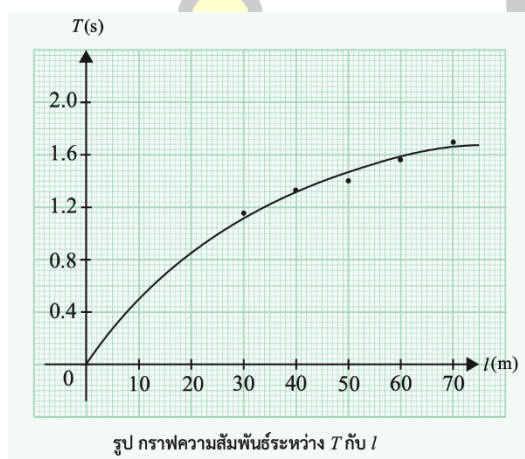
6. เขียนกราฟระหว่าง T กับ l โดยให้ T อยู่บนแกนตั้ง l อยู่บนแกนนอน

7. เขียนกราฟระหว่าง T กับ \sqrt{l} โดยให้ T อยู่บนแกนตั้ง \sqrt{l} อยู่บนแกนนอน

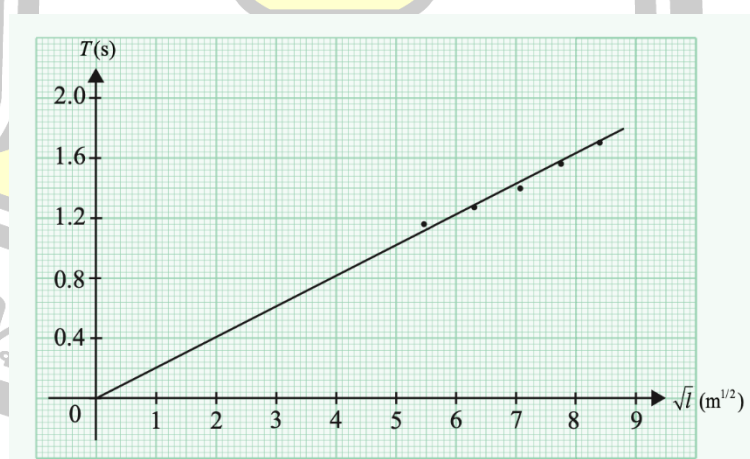
ผลการบันทึกกิจกรรม

ความยาวเชือก l ($\times 10^{-2}$ m)	เวลาที่ใช้ในการแกว่ง 30 รอบ (s)	คาบ (s)	\sqrt{l} ($\text{m}^{\frac{1}{2}}$)
30	35.0	1.17	5.47
40	38.0	1.27	6.32
50	42.0	1.40	7.07
60	47.0	1.57	7.75
70	51.0	1.70	8.37

เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ l กราฟมีลักษณะดังรูป



เขียนกราฟระหว่าง T กับ \sqrt{l} กราฟมีลักษณะดังรูป

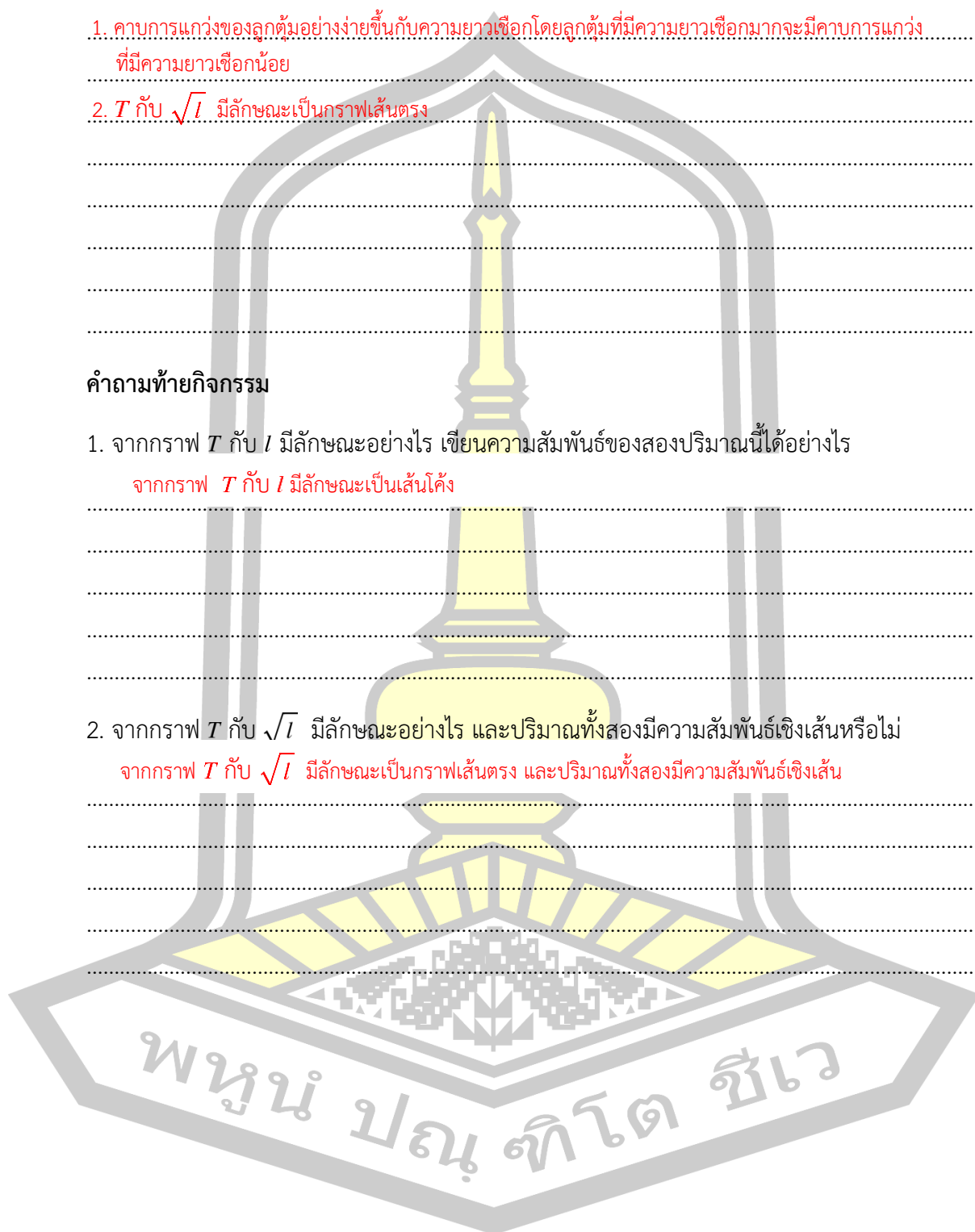


สรุปผลการทำกิจกรรม

1. คาบการแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่ายขึ้นกับความยาวเชือกโดยลูกตุ้มที่มีความยาวเชือกมากจะมีคาบการแกว่งที่มีความยาวเชือกน้อย
2. T กับ \sqrt{l} มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกราฟ T กับ l มีลักษณะอย่างไร เขียนความสัมพันธ์ของสองปริมาณนี้ได้อย่างไร
จากกราฟ T กับ l มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง
2. จากกราฟ T กับ \sqrt{l} มีลักษณะอย่างไร และปริมาณทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นหรือไม่
จากกราฟ T กับ \sqrt{l} มีลักษณะเป็นกราฟเส้นตรง และปริมาณทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้น



เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมที่ 1

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ปฏิบัติการทดลอง	นักเรียนสามารถ ปฏิบัติการทดลองได้ ถูกต้องทุกขั้นตอน	นักเรียนสามารถ ปฏิบัติการทดลองได้ บางขั้นตอน	นักเรียนไม่ ปฏิบัติการทดลอง
บันทึกผลการ ทดลอง	นักเรียนบันทึกผลการ ทดลองได้ครบถ้วน ตรง ประเด็น	นักเรียนบันทึกผลการ ทดลองไม่ครบถ้วน หรือไม่ตรงประเด็น	นักเรียนไม่บันทึกผล การทดลอง
สรุปผลการ ทดลอง	นักเรียนสามารถสรุปผล การทดลองได้ตรง ประเด็นและครบถ้วน	นักเรียนสามารถสรุปผล การทดลองได้ แต่ไม่ตรง ประเด็น	นักเรียนไม่สรุปผล การทดลอง



แบบประเมินใบกิจกรรมที่ 1

กลุ่มที่	รายการประเมิน									ผลการประเมินเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70		
	ปฏิบัติการทดลอง (2 คะแนน)			บันทึกผลการทดลอง (2 คะแนน)			สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)			คะแนนรวม (6 คะแนน)	ผ่าน	ไม่ผ่าน
	2	1	0	2	1	0	2	1	0			

เกณฑ์การประเมิน: ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 6 คะแนน





แนวคำตอบใบกิจกรรมที่ 2

คำชี้แจง: ใบกิจกรรมที่ 2 คะแนนรวม 44 คะแนน

ข้อ 1 – 6 ข้อละ 2 คะแนน คะแนนรวม 28 คะแนน

ข้อ 5.1.1 คะแนนรวม 12 คะแนน และข้อ 5.1.7 คะแนนรวม 4 คะแนน

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

หลังจากเลิกเรียนแล้วนายเอเดินทางกลับบ้าน เมื่อถึงบ้านนายเอได้รับโทรศัพท์จากพ่อ พ่อบอกกับนายเอว่าพ่ออยู่ศูนย์เฟอร์นิเจอร์กำลังจะเลือกซื้อตู้เสื้อผ้าเข้าบ้าน ก่อนซื้อต้องมั่นใจก่อนว่า จะสามารถเคลื่อนตู้เสื้อผ้าผ่านประตูได้โดยไม่ติดขัด พ่อจำได้แค่ความกว้างของประตูมีขนาดเท่ากับ 80 เซนติเมตร แต่พ่อจำความสูงของประตูไม่ได้จึงให้นายเอช่วยวัดความสูงของประตูให้รวดเร็วที่สุด ซึ่งนายเอมีเวลาเพียง 20 นาทีก่อนที่ร้านเฟอร์นิเจอร์จะปิด นายเอจึงหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด ภายในบ้านพบว่าไม่มี ไม้บรรทัด หรือ ตลับเมตร แต่วันนี้ที่โรงเรียนนายเอได้เรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย ดังนั้นนายเอจึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายให้มีความรวดเร็วและแม่นยำที่สุด

1. ระบุปัญหา

1.1 ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: ไม่รู้ความสูงของประตู)

2. สืบค้นความรู้และรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำไปแก้ปัญห

2.1 มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุ (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: การแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย การปล่อยวัตถุให้ตกอย่างอิสระ กฎอนุรักษ์พลังงาน ความดัน การวัด และเครื่องมือวัด)

2.2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: ไม่มีเครื่องมือวัดระยะ เช่น ไม้บรรทัด ตลับเมตร หรือไม้เมตร และมีอุปกรณ์ที่สามารถจะประยุกต์ใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายในการหาความสูงได้)

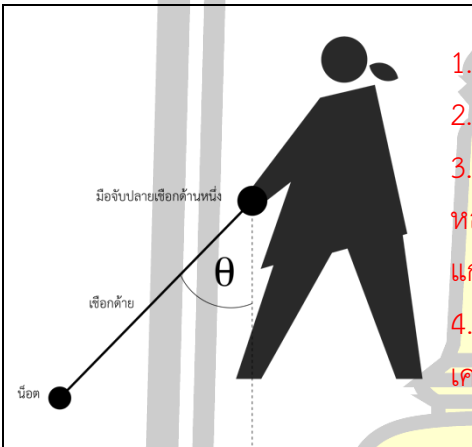
2.3 อุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดความสูงโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

(2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: 1. มวล 2. เชือก 3. นาฬิกาจับเวลา)

3. ออกแบบและสร้างชิ้นงาน

3.1 ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงโดยร่างเป็นภาพพร้อมทั้งอธิบายรายละเอียด (2 คะแนน)



1. ใช้น็อตเป็นมวลใช้สำหรับแกว่ง

2. ใช้เชือกด้าย เนื่องจากมีน้ำหนักเบา

3. นำเชือกไปวัดโดยให้เชือกยาวเท่ากับความสูงของประตู หลังจากนั้นให้เพื่อนอีกคนจับปลายเชือกด้านหนึ่งไว้และแกว่ง

4. จับเวลาพร้อมบันทึกเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ครบ 5 รอบ

3.2 สร้างชิ้นงานตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ (2 คะแนน)

4. ทดสอบชิ้นงาน

4.1 หาความสูงของประตู (2 คะแนน)

1. หาคาบการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม

2. หาความสูงของประตูจาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ขึ้นอยู่กับผลการทดสอบของแต่ละกลุ่ม

4.2 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของเครื่องมือ (2 คะแนน)

$$\% \text{ error} = \left| \frac{\text{ค่าจริง} - \text{ค่าจากการทดลอง}}{\text{ค่าจริง}} \right| \times 100\%$$

ขึ้นอยู่กับผลการทดสอบของแต่ละกลุ่ม

5. ปรับปรุงชิ้นงาน

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงเครื่องมือวัดความสูงเพื่อให้เครื่องมือมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามจากเทคนิคสแคมเพอร์ ดังนี้

5.1.1 นักเรียนคิดว่าจะสามารถนำวัสดุใดมาทดแทนวัสดุเดิมเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด โดยมีความหลากหลายทั้งชนิดและประเภทของวัสดุ มีความหลากหลายทั้งคุณสมบัติ และความยืดหยุ่นในการใช้งาน และให้มีความหลากหลายในมุมมองและแนวคิดที่แปลกใหม่ (คิดคล่องคะแนนเต็ม 4 คะแนน คิดยืดหยุ่นคะแนนเต็ม 4 คะแนน และคิดริเริ่มคะแนนเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)

แนวคำตอบ: เชือกด้าย เส้นเอ็น สายไฟ ลวด เชือกไนลอน ดินน้ำมัน นีต ไม้ไอติม ยางลบ ฝาขวดน้ำ ลูกปิงปอง ก้อนหิน ถูทราย ดินสอ เหยียด ขวดน้ำ พวงกุญแจ ขาตั้งที่ปรับความสูงได้ แอปพลิเคชันจับเวลาบนโทรศัพท์ โปรแทรกเตอร์ (Protractor) แอปพลิเคชันสำเร็จรูปวัดคาบการสั่น

1. วัสดุที่ใช้เป็นมวล ได้แก่ ดินน้ำมัน นีต ไม้ไอติม ยางลบ ฝาขวดน้ำ ลูกปิงปอง ก้อนหิน ถูทราย ดินสอ ขวดน้ำ พวงกุญแจ

2. วัสดุที่ใช้สำหรับแกว่ง ได้แก่ เชือกด้าย เส้นเอ็น สายไฟ ลวด เชือกไนลอน

3. วัสดุที่ใช้สำหรับจับเวลา ได้แก่ แอปพลิเคชันจับเวลาบนโทรศัพท์ แอปพลิเคชันสำเร็จรูปวัดคาบการสั่น

4. วัสดุที่ใช้สำหรับวัดมุม ได้แก่ โปรแทรกเตอร์ (Protractor)

5.1.2 นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมารวมเข้าด้วยกันได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: รวมมวลกับนาฬิกาจับเวลาเข้าด้วยกัน)

5.1.3 นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นได้บ้าง (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: ใช้ประโยชน์จากแอปพลิเคชันสำเร็จรูปในโทรศัพท์มาปรับใช้เพื่อหาคาบการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย)

5.1.4 นักเรียนคิดว่าจะสามารถดัดแปลงส่วนใดได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: ดัดแปลงรูปทรงของมวลให้เป็นทรงกลมหรือรูปทรงที่มีรูปร่างสมมาตรเพื่อลดแรงต้านอากาศ)

5.1.5 นักเรียนคิดว่าจะสามารถเปลี่ยนส่วนประกอบหรือเปลี่ยนวิธีการใดได้บ้างอย่างไร เพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: เปลี่ยนวิธีการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายจากการจับด้วยมือเป็นแขวนที่ขอบบนของประตู ยึดให้แน่นแล้วทำการแกว่งลูกตุ้ม)

5.1.6 นักเรียนคิดว่าจะสามารถลดจำนวนอุปกรณ์หรือลดขั้นตอนใดของเครื่องมือวัดความสูงได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (2 คะแนน)

(แนวคำตอบ: ลดขนาดของมวล, ลดขนาดของเชือก)

5.1.7 นักเรียนคิดว่าจะสามารถจัดเรียงลำดับขั้นตอนในการหาความสูงใหม่ได้อย่างไรบ้าง เพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น (คิดละเอียดลออกะแนนเต็ม 4 คะแนน)

(แนวคำตอบ:

1. วัดความยาวของเชือกให้เท่ากับความสูงของประตู

2. วัดมุมที่ใช้ในการแกว่งให้มิต้าน้อยกว่า 5 องศา

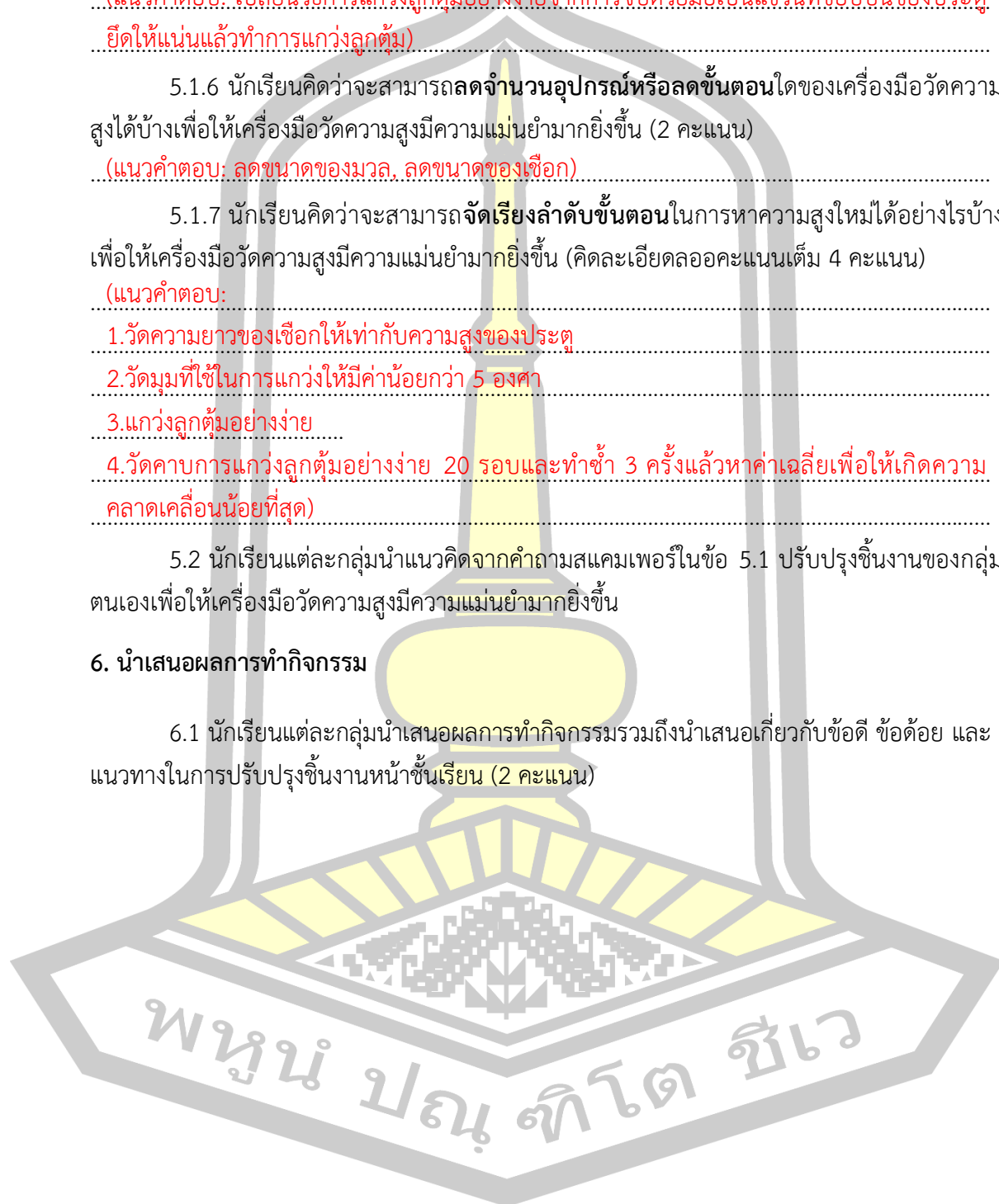
3. แกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย

4. วัดคาบการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย 20 รอบและทำซ้ำ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด)

5.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแนวคิดจากคำถามสแคมเพอร์ในข้อ 5.1 ปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มตนเองเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

6. นำเสนอผลการทำกิจกรรม

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมรวมถึงนำเสนอเกี่ยวกับข้อดี ข้อด้อย และแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานหน้าชั้นเรียน (2 คะแนน)



เกณฑ์การให้คะแนนการออกแบบและสร้างชิ้นงาน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. ระบุปัญหา			
1.1 ปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร	สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้และตรงประเด็น	สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่ไม่ตรงประเด็น	ไม่สามารถระบุปัญหาได้
2. สืบค้นความรู้และรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำไปแก้ปัญหา			
2.1 มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุ	สามารถเขียนความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุได้ครอบคลุมและครบถ้วน	สามารถเขียนความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุได้บางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถเขียนความรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุได้
2.2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง	สามารถเขียนเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ครอบคลุมและครบถ้วน	สามารถเขียนเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้บางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถเขียนเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
2.3 อุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดความสูงโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบไปด้วยอะไรบ้าง	สามารถเขียนองค์ประกอบของเครื่องมือวัดความสูงได้ครบถ้วน	สามารถเขียนองค์ประกอบของเครื่องมือวัดความสูงได้แต่ไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถเขียนองค์ประกอบของเครื่องมือวัดความสูงได้
3. ออกแบบและสร้างชิ้นงาน			
3.1 ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงโดยร่างเป็นภาพพร้อมทั้งเขียนอธิบายรายละเอียด	สามารถออกแบบ ร่างภาพ และเขียนอธิบายรายละเอียดของเครื่องมือวัดความสูงได้	สามารถออกแบบ ร่างภาพของเครื่องมือวัดความสูงได้ แต่ไม่เขียนอธิบายรายละเอียด	ไม่สามารถออกแบบ ร่างภาพและไม่สามารถเขียนอธิบายรายละเอียดของเครื่องมือวัดความสูงได้

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
3.2 สร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้	สามารถสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ได้	สามารถสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ได้บางส่วน	ไม่สามารถสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ได้
4. ทดสอบชิ้นงาน			
4.1 ทาความสูงของวัตถุ	สามารถหาความสูงของวัตถุได้โดยใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายและระบุหน่วยของความสูง	สามารถหาความสูงของวัตถุได้โดยใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายได้ แต่ระบุหน่วยของความสูง	ไม่สามารถหาความสูงของวัตถุได้
4.2 ทาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน	สามารถหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ความสูงของประตูดี้ และมีความแม่นยำ	สามารถหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ความสูงของประตูดี้ แต่ไม่มีความแม่นยำ	ไม่สามารถหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้
5. ปรับปรุงชิ้นงาน			
5.1.2 นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมารวมเข้าด้วยกันได้บ้าง เพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น	สามารถเขียนวัสดุที่นำมารวมเข้าด้วยกันได้ และสามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง	สามารถเขียนวัสดุที่นำมารวมเข้าด้วยกันได้ แต่ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง	ไม่สามารถเขียนวัสดุที่นำมารวมเข้าด้วยกันได้
5.1.3 นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงเพื่อเพิ่มความแม่นยำมากยิ่งขึ้นได้บ้าง	สามารถเขียนวัสดุที่นำมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงได้ และสามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง	สามารถเขียนวัสดุที่นำมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงได้ แต่ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง	ไม่สามารถเขียนวัสดุที่นำมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงได้
5.1.4 นักเรียนคิดว่าจะสามารถตัดแปลงส่วนใดได้บ้าง เพื่อให้เครื่องมือวัด	สามารถตัดแปลงส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความสูงได้ และสามารถ	สามารถตัดแปลงส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความสูง	ไม่สามารถตัดแปลงส่วนประกอบของเครื่องมือวัดความสูงได้

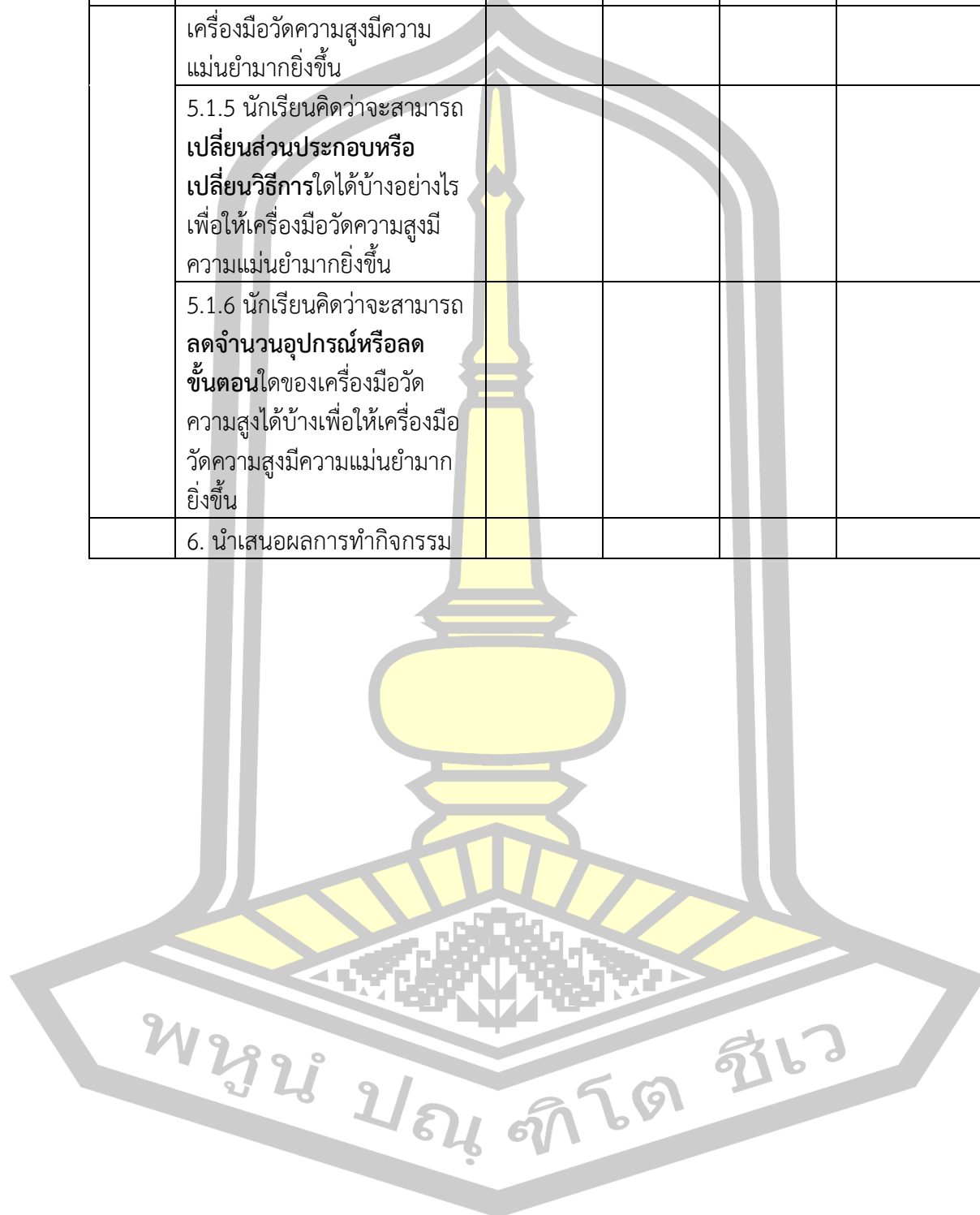
รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ความสูงมีความ แม่นยำมากยิ่งขึ้น	นำไปใช้แก้ปัญหาได้ จริง	ได้แต่ไม่สามารถนำไป แก้ปัญหาได้จริง	
5.1.5 นักเรียนคิด ว่าจะสามารถเปลี่ยน ส่วนประกอบหรือ เปลี่ยนวิธีการใดได้ บ้างอย่างไรเพื่อให้ เครื่องมือวัดความสูงมี ความแม่นยำมาก ยิ่งขึ้น	สามารถเปลี่ยน ส่วนประกอบหรือ เปลี่ยนวิธีการเพื่อให้ เครื่องมือวัดความสูงมี ความแม่นยำและ สามารถนำไปใช้ แก้ปัญหาได้จริง	สามารถเปลี่ยน ส่วนประกอบหรือ เปลี่ยนวิธีการเพื่อให้ เครื่องมือวัดความสูงมี ความแม่นยำได้ แต่ไม่ สามารถนำไปใช้ แก้ปัญหาได้จริง	ไม่สามารถเปลี่ยน ส่วนประกอบหรือ เปลี่ยนวิธีการเพื่อให้ เครื่องมือวัดความสูงมี ความแม่นยำได้
5.1.6 นักเรียนคิด ว่าจะสามารถลด จำนวนอุปกรณ์หรือ ลดขั้นตอนใดของ เครื่องมือวัดความสูง ได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือ วัดความสูงมีความ แม่นยำมากยิ่งขึ้น	สามารถเขียนอุปกรณ์ ของเครื่องมือวัดความ สูงที่ต้องการลด จำนวนได้และสามารถ นำไปแก้ปัญหาได้จริง	สามารถเขียนอุปกรณ์ ของเครื่องมือวัดความ สูงที่ต้องการลด จำนวนได้แต่ไม่ สามารถนำไป แก้ปัญหาได้จริง	ไม่สามารถเขียน อุปกรณ์ของเครื่องมือ วัดความสูงที่ต้องการ ลดจำนวนได้
6. นำเสนอผลการ แก้ปัญหาชิ้นงาน	นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหาหรือผลการ แก้ปัญหาชิ้นงาน เกี่ยวกับข้อดี ข้อด้อย และแนวทางในการ ปรับปรุงได้ครอบคลุม และครบถ้วน	นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหาหรือผลการ แก้ปัญหาชิ้นงาน เกี่ยวกับข้อดี ข้อด้อย และแนวทางในการ ปรับปรุงได้แต่ไม่ ครบถ้วน	ไม่สามารถนำเสนอ วิธีการแก้ปัญหาหรือ ผลการแก้ปัญหา ชิ้นงานเกี่ยวกับข้อดี ข้อด้อย และแนวทาง ในการปรับปรุงได้

พหุ ประถมศึกษา

แบบประเมินการออกแบบและสร้างชิ้นงาน

กลุ่มที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			คะแนนรวม (28 คะแนน)
		2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน	
	1.1 ปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร				
	2.1 มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาความสูงของวัตถุ				
	2.2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้าง				
	2.3 อุปกรณ์ที่จะใช้ในการวัดความสูงโดยใช้หลักการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายประกอบไปด้วยอะไรบ้าง				
	3.1 ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงโดยร่างเป็นภาพพร้อมทั้งเขียนอธิบายรายละเอียด				
	3.2 สร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้				
	4.1 หาความสูงของวัตถุ				
	4.2 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน				
	5.1.2 นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมารวมเข้าด้วยกันได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น				
	5.1.3 นักเรียนคิดว่าสามารถนำสิ่งใดมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นได้บ้าง				
	5.1.4 นักเรียนคิดว่าจะสามารถดัดแปลงส่วนใดได้บ้างเพื่อให้				

กลุ่มที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			คะแนนรวม (28 คะแนน)
		2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน	
	เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น				
	5.1.5 นักเรียนคิดว่าจะสามารถเปลี่ยนส่วนประกอบหรือเปลี่ยนวิธีการใดได้บ้างอย่างไร เพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น				
	5.1.6 นักเรียนคิดว่าจะสามารถลดจำนวนอุปกรณ์หรือลดขั้นตอนใดของเครื่องมือวัดความสูงได้บ้างเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น				
	6. นำเสนอผลการทำกิจกรรม				



เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

ข้อที่	ประเด็น ประเมิน	คะแนน				
		4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ข้อ 5.1.1	1. ความคิดริเริ่ม	คำตอบซ้ำไม่เกินร้อยละ 1	คำตอบซ้ำร้อยละ 2	คำตอบซ้ำร้อยละ 3-5	คำตอบซ้ำร้อยละ 6 - 11	คำตอบซ้ำร้อยละ 12 ขึ้นไปหรือไม่ตอบ
	2. ความคิดคล่อง	คำตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 4 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 3 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 2 คำตอบภายในเวลาที่กำหนดโดยไม่ซ้ำคำตอบเดิม	คำตอบเท่ากับ 1 คำตอบภายในเวลาที่กำหนด	ไม่ตอบเลย
	3. ความคิดยืดหยุ่น	คำตอบมากกว่าหรือเท่ากับ 4 กลุ่ม / ประเภท	คำตอบ 3 กลุ่ม / ประเภท	คำตอบ 2 กลุ่ม / ประเภท	คำตอบ 1 กลุ่ม / ประเภท	ไม่ตอบเลย
ข้อ 5.1.7	4. ความคิดละเอียดลออ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้อีกมากกว่าหรือเท่ากับ 4 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้อีก 3 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้อีก 2 คำตอบ	คำตอบมีรายละเอียดของความคิดเหมาะสมเป็นไปได้อีก 1 คำตอบ	ไม่ตอบเลย

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์

กลุ่ม ที่	ชื่อกลุ่ม	เกณฑ์การให้คะแนน																คะแนน รวม (16 คะแนน)	เทียบกับ เกณฑ์ ร้อยละ 70			
		ความคิดริเริ่ม (4 คะแนน)				ความคิดคล่อง (4 คะแนน)				ความคิดยืดหยุ่น (4 คะแนน)				ความคิดละเอียดลออ (4 คะแนน)								
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1					
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						

เกณฑ์การประเมิน: ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 16 คะแนน

แบบประเมินใบกิจกรรมที่ 2

กลุ่มที่	รายการประเมิน			เทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70	
	การออกแบบ และสร้างชิ้นงาน (28 คะแนน)	ความคิด สร้างสรรค์ (16 คะแนน)	คะแนนรวม (44 คะแนน)	ผ่าน	ไม่ผ่าน

เกณฑ์การประเมิน: ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 44 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
สร้างสรรค์ชิ้นงานจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้	สร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่กำหนดและเป็นไปตามเงื่อนไขครบถ้วน	สร้างสรรค์ชิ้นงานตามที่กำหนดและเป็นไปตามเงื่อนไขบางส่วน	สร้างสรรค์ผลงานตามที่กำหนดแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข
เสร็จตามเวลา	สามารถทำงานได้สำเร็จภายในเวลาที่กำหนดและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ครบถ้วน	สามารถทำงานได้สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้	สามารถทำงานได้สำเร็จแต่ใช้เวลานานเกินกว่าที่กำหนดไว้และไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดให้
แก้ไขปัญหาได้	ชิ้นงานสามารถหาความสูงของประตูดได้อย่างแม่นยำ	ชิ้นงานสามารถหาความสูงของประตูดแต่ไม่มีความแม่นยำ	ชิ้นงานไม่สามารถหาความสูงของประตูด

แบบประเมินชิ้นงาน

กลุ่มที่	สร้างสรรค์ชิ้นงานจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้ (3 คะแนน)			เสร็จตามเวลา (3 คะแนน)			แก้ไขปัญหาได้ (3 คะแนน)			คะแนนรวม (9 คะแนน)	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70	
	3	2	1	3	2	1	3	2	1		ผ่าน	ไม่ผ่าน

เกณฑ์การประเมิน: ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

9 คะแนน

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ใฝ่เรียนรู้	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่ และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ บางครั้ง	ไม่ตั้งใจเรียน ไม่มีความเอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ หรือไม่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ
เสร็จตรงต่อเวลา	ทำงานส่งภายในเวลาที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด	ไม่ส่งงาน

แบบประเมินผลด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

เลขที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมิน						รวมคะแนนที่ได้ (4 คะแนน)	ผลการประเมิน	
		ใฝ่เรียนรู้ (2 คะแนน)			เสร็จตรงต่อเวลา (2 คะแนน)				ผ่าน	ไม่ผ่าน
		0	1	2	0	1	2			

เกณฑ์การประเมิน

- 4 คะแนน เท่ากับ ดีมาก
- 3 คะแนน เท่ากับ ดี
- 2 คะแนน เท่ากับ ปานกลาง
- 1 คะแนน เท่ากับ พอใช้
- 0 คะแนน เท่ากับ ควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมิน: ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2560

8.2 แบบบันทึกกิจกรรม

8.3 สื่ออินเทอร์เน็ต

9. เอกสารอ้างอิง

หนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2560

10. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

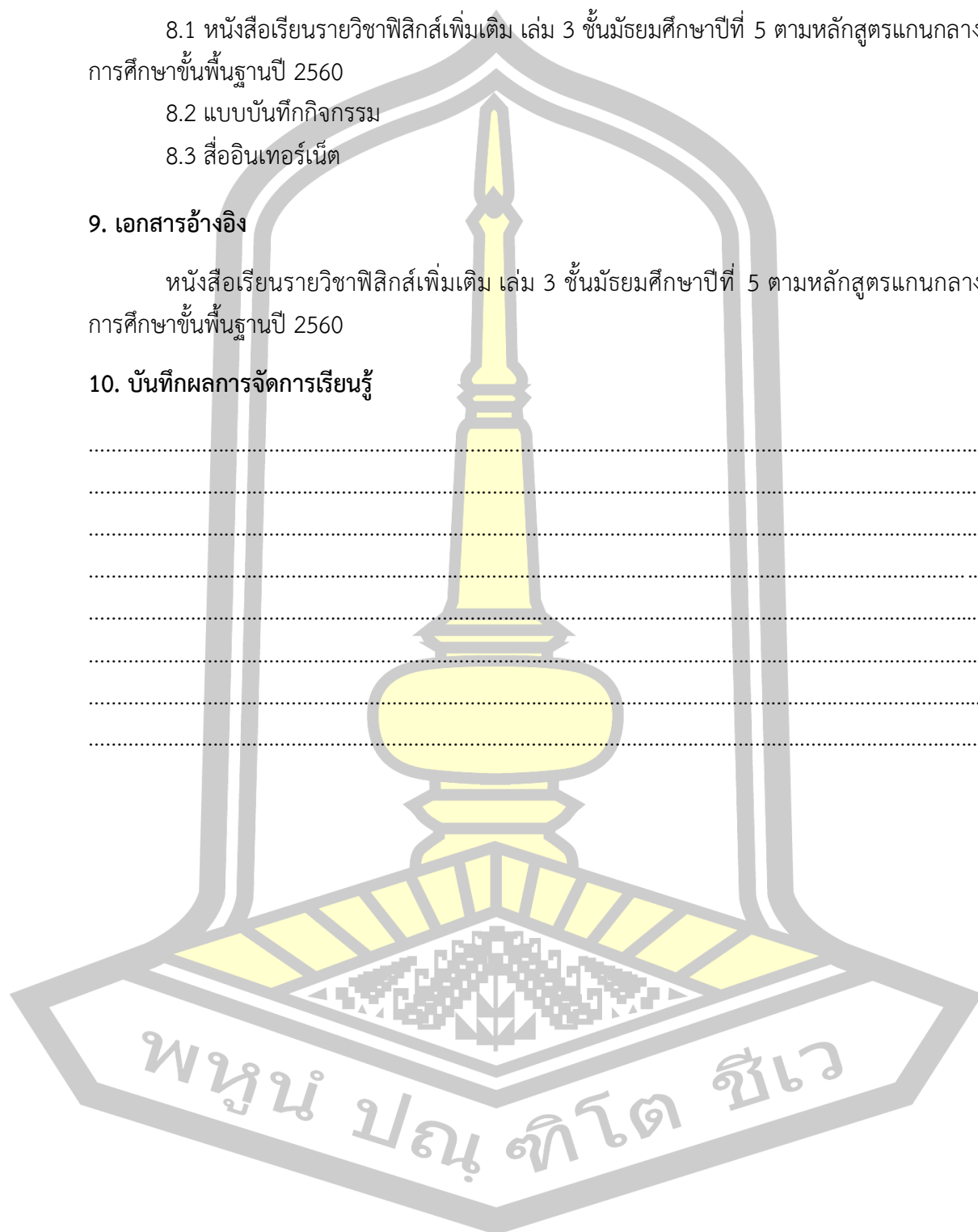
.....

.....

.....

.....

.....

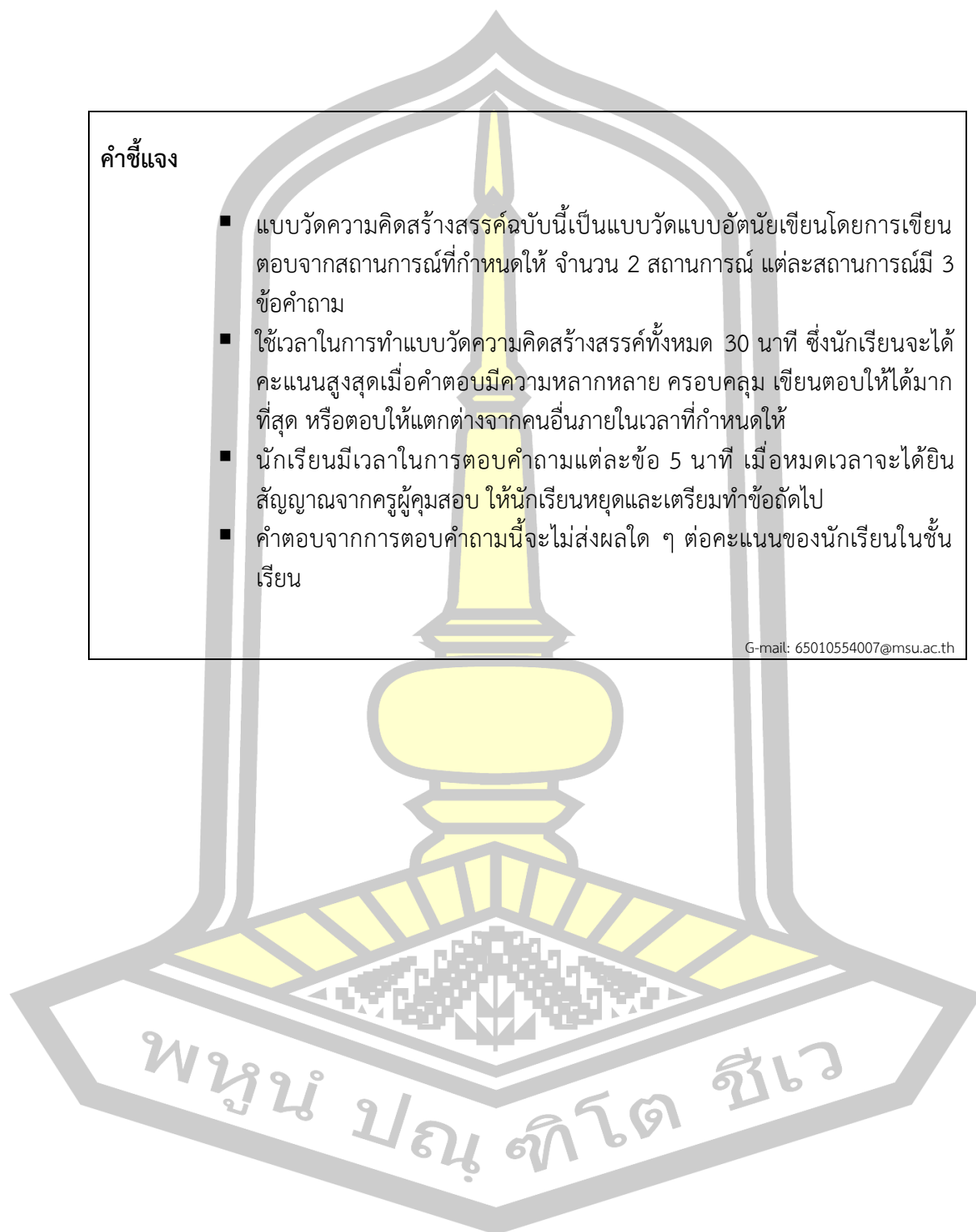


ตัวอย่างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

คำชี้แจง

- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับนี้เป็นแบบวัดแบบอัตนัยเขียนโดยการเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มี 3 ข้อคำถาม
- ใช้เวลาในการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้งหมด 30 นาที ซึ่งนักเรียนจะได้คะแนนสูงสุดเมื่อคำตอบมีความหลากหลาย ครอบคลุม เขียนตอบให้ได้มากที่สุด หรือตอบให้แตกต่างจากคนอื่นภายในเวลาที่กำหนดให้
- นักเรียนมีเวลาในการตอบคำถามแต่ละข้อ 5 นาที เมื่อหมดเวลาจะได้ยินสัญญาณจากครูผู้คุมสอบ ให้นักเรียนหยุดและเตรียมทำข้อถัดไป
- คำตอบจากการตอบคำถามนี้จะไม่ส่งผลใด ๆ ต่อคะแนนของนักเรียนในชั้นเรียน

G-mail: 65010554007@msu.ac.th

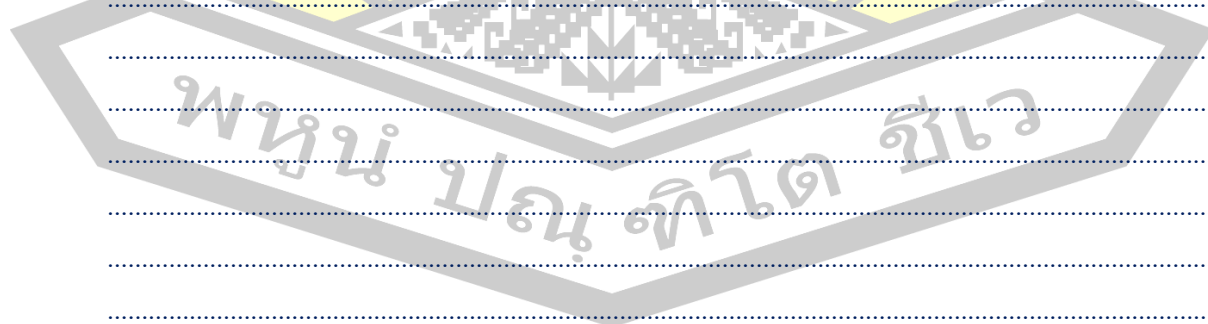


สถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1 – 3

ในช่วงเช้าวันพุธที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ในเมืองเทศบาลฮวาเทียนของไต้หวัน เกิดเสียงดังกึกก้องและแรงสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ในไม่ช้าก็มีเสียงจากการร่วงหล่นและพังทลายของวัสดุก่อสร้าง ทำให้ผู้คนที่อยู่บริเวณนั้นตื่นตระหนกและหวาดกลัว ต่างพากันหนีออกมาจากตึกในทันที หลังจากนั้นอาคารเริ่มเอียงและถล่มลง ส่งผลให้มีผู้บาดเจ็บและเศษซากของวัสดุก่อสร้างกระจายไปทั่วบริเวณนั้น

<https://www.thaipost.net/abroad-news/563932/>

1. จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนคิดและ**บอกสาเหตุ**ของสถานการณ์ดังกล่าวให้ได้มากที่สุดโดยมีความหลากหลายของมุมมองและแง่คิดที่แตกต่างกันเท่าที่จะเป็นไปได้ (ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น)



ตัวอย่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

คำชี้แจง: จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวและทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดสรุปถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ก. วัตถุมีความเร็วและความเร่งแปรผันตรงกับการกระจัดโดยมีแอมพลิจูดคงที่

ข. วัตถุมีความเร็วแปรผันตรงกับการกระจัดโดยมีความเร่งเป็นศูนย์ที่การกระจัดสูงสุด และมีแอมพลิจูดคงที่

ค. วัตถุมีความเร่งแปรผันตรงกับการกระจัดโดยมีความเร็วเป็นศูนย์ที่การกระจัดสูงสุดและมีแอมพลิจูดคงที่

ง. วัตถุมีความเร่งแปรผันตรงกับการกระจัดโดยมีความเร็วแปรผกผันกับการกระจัดนั้น และมีแอมพลิจูดไม่คงที่

จ. วัตถุมีความเร่งและความเร็วแปรผกผันกับการกระจัด และมีแอมพลิจูดไม่คงที่

2. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ได้ทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ก. แขนงลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้งโดยให้เส้นเชือกทำมุมคงตัวกับแนวตั้งหลังจากนั้นผล็กลูกตุ้มให้แกว่งเป็นวงกลม

ข. แขนงลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้ง ดึงลูกตุ้มออกมาจนเชือกทำมุมกับแนวตั้งเล็กน้อยแล้วปล่อยมือ

ค. ผูกวัตถุกับปลายสปริงข้างหนึ่งโดยปลายสปริงอีกข้างยึดติดกับผนัง ดึงวัตถุให้สปริงยืดออกเล็กน้อยในแนวระดับ แล้วปล่อยมือ

ง. ผูกวัตถุกับปลายสปริงข้างหนึ่งโดยปลายอีกข้างของสปริงแขวนไว้ในแนวตั้ง ดึงวัตถุให้สปริงยืดออกเล็กน้อยในแนวตั้ง แล้วปล่อยมือ

จ. แขนงลูกตุ้มด้วยเชือกในแนวตั้ง ดึงลูกตุ้มออกในแนวรัศมีจากจุดแขวนจนเชือกทำมุมกับแนวตั้งประมาณ 5 องศา แล้วปล่อยมือ

3. ข้อใดเขียนสมการของการกระจัดกับเวลาในรูปทั่วไปได้ถูกต้อง

ก. $x = A \sin(\omega t + \phi)$

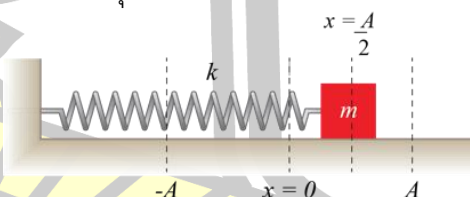
ข. $x = \omega A \sin(\omega t + \phi)$

ค. $x = -\omega A \cos(\omega t + \phi)$

ง. $x = -\omega^2 A \sin(\omega t + \phi)$

จ. $x = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$

4. วัตถุติดปลายสปริงเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยมีตำแหน่งเริ่มต้น $t = 0$ s ดังรูป มีความถี่เชิงมุมเท่ากับ ω และมีแอมพลิจูดเท่ากับ A ข้อใดต่อไปนี้เป็นสมการการกระจัดที่ขึ้นกับเวลาของวัตถุนี้



ก. $x = A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$

ข. $x = A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$

ค. $x = A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$

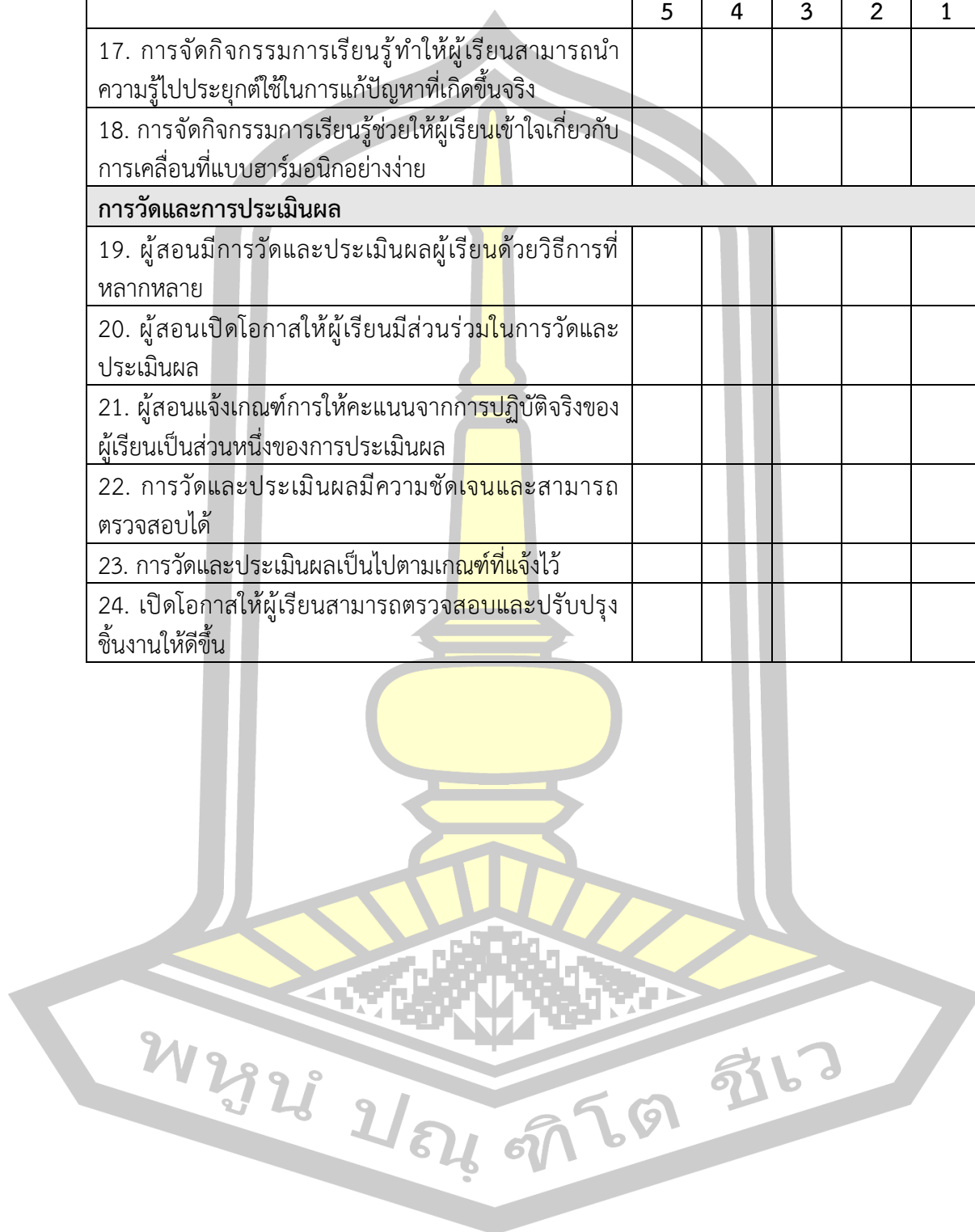
ง. $x = A \sin\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right)$

จ. $x = A \sin\left(\omega t + \frac{5\pi}{4}\right)$

ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ร่วมเทคนิคสแคมเพอร์

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
บทบาทผู้สอน					
1. ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี					
2. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง					
3. ผู้สอนมีการจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก					
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน					
5. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น					
6. ผู้สอนจัดเตรียมอุปกรณ์ สื่อ หลากหลายให้ผู้เรียนพร้อมต่อการสร้างชิ้นงาน					
บทบาทผู้เรียน					
7. ผู้เรียนเรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมที่ตนเองชอบและสนใจ					
8. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเอง					
9. ผู้เรียนอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น					
10. ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบ ด้วยตนเอง					
11. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่น					
12. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน					
วิธีการจัดการเรียนรู้					
13. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ สนุกสนาน และมีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
14. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกัน					
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใฝ่รู้และแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง					
16. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์					

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
17. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง					
18. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย					
การวัดและการประเมินผล					
19. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
20. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล					
21. ผู้สอนแจ้งเกณฑ์การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล					
22. การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้					
23. การวัดและประเมินผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่แจ้งไว้					
24. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น					



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

- แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับความคิดสร้างสรรค์
- ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์
- ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์ความยาก อำนาจจำแนก และ ความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
- ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
- ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนก และ ความเชื่อมั่น ของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้



ตารางที่ 28 แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน					
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมพฤติกรรมทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมความคิดสร้างสรรค์					
2. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้					
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับชั้นการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ชั้นที่ 1 ขึ้นสร้างความสนใจ					
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับชั้นการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ชั้นที่ 2 ขึ้นสำรวจและค้นหา					
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับชั้นการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ชั้นที่ 3 ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป					
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับชั้นการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ชั้นที่ 4 ขึ้นขยายความรู้					
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับชั้นการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ ชั้นที่ 5 ขึ้นประเมินผล					
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน					
3. สื่อการจัดการเรียนรู้					
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้					
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อความสนใจผู้เรียน					
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมผู้เรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์					
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.2 วัดและประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
4.3 แบบวัดและประเมินผลครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
4.4 เกณฑ์การวัดและประเมินผลครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

พูน ปรุ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.2	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.3	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.4	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
2.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.2	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.4	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
2.5	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.6	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.7	4	4	5	3	5	4.20	เหมาะสม
3.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.2	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
3.3	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
3.4	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
4.1	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.2	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.3	4	4	5	4	4	4.20	เหมาะสม
4.4	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม



ตารางที่ 30 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
1.2	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.3	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.4	4	5	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.1	4	4	5	5	5	4.60	เหมาะสม
2.2	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.4	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.5	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.6	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.7	5	4	5	3	5	4.40	เหมาะสม
3.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.2	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
3.3	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
3.4	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
4.1	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.2	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.3	4	4	5	4	4	4.20	เหมาะสม
4.4	4	4	5	4	4	4.20	เหมาะสม



ตารางที่ 31 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
1.2	4	5	5	4	5	4.60	เหมาะสม
1.3	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.4	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
2.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.2	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
2.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.4	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.5	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.6	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.7	4	4	5	3	5	4.20	เหมาะสม
3.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.2	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
3.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
3.4	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
4.1	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.2	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.3	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.4	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม



ตารางที่ 32 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
1.2	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.3	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.4	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
2.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.2	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
2.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.4	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.5	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.6	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.7	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.2	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
3.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
3.4	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
4.1	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.2	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.3	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.4	4	4	5	4	4	4.20	เหมาะสม



ตารางที่ 33 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
1.2	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.3	4	5	5	4	5	4.60	เหมาะสม
1.4	4	5	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.2	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.4	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
2.5	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.6	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.7	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.1	4	4	5	5	5	4.60	เหมาะสม
3.2	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
3.3	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
3.4	4	4	5	5	5	4.60	เหมาะสม
4.1	4	4	5	4	4	4.20	เหมาะสม
4.2	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.3	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.4	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม



ตารางที่ 34 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
1.2	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.3	5	5	5	4	5	4.80	เหมาะสม
1.4	5	5	5	5	5	5.00	เหมาะสม
2.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
2.2	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
2.3	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
2.4	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.5	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.6	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
2.7	5	4	5	3	5	4.40	เหมาะสม
3.1	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
3.2	4	4	5	4	5	4.40	เหมาะสม
3.3	5	4	5	4	5	4.60	เหมาะสม
3.4	5	4	5	5	5	4.80	เหมาะสม
4.1	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.2	4	4	5	4	4	4.20	เหมาะสม
4.3	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม
4.4	5	4	5	4	4	4.40	เหมาะสม

พหุ ประถมศึกษา

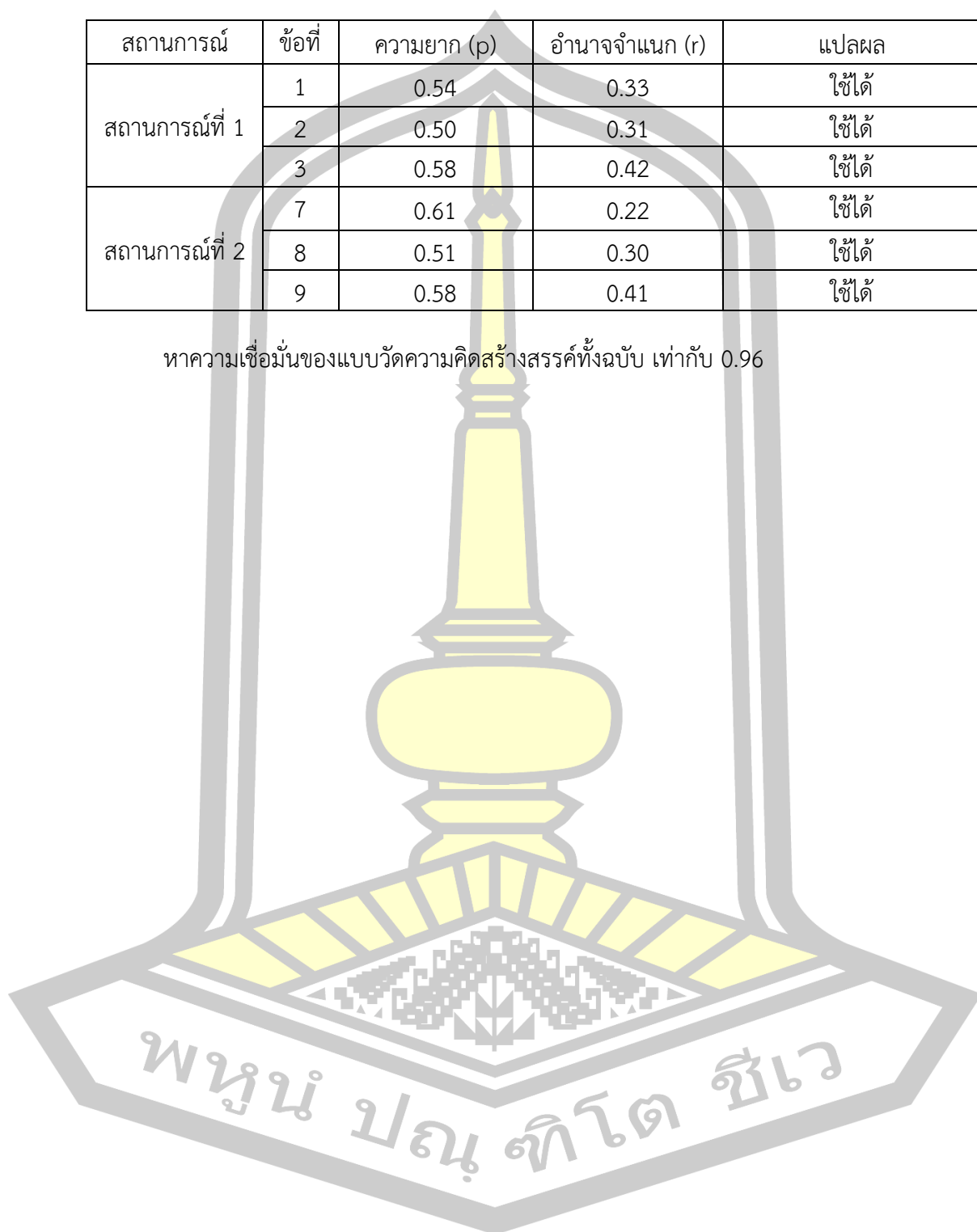
ตารางที่ 35 ผลการประเมินความเหมาะสมระหว่างข้อความถามกับความคิดสร้างสรรค์

สถานการณ์	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
สถานการณ์ที่ 1							
1.1 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 ความคิด ละเอียดลออ	1	1	1	1	0	0.80	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2							
1.1 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 ความคิด ละเอียดลออ	1	1	1	1	0	0.80	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3							
1.1 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 ความคิด ละเอียดลออ	1	1	1	1	0	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

สถานการณ์	ข้อที่	ความยาก (p)	อำนาจจำแนก (r)	แปลผล
สถานการณ์ที่ 1	1	0.54	0.33	ใช้ได้
	2	0.50	0.31	ใช้ได้
	3	0.58	0.42	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2	7	0.61	0.22	ใช้ได้
	8	0.51	0.30	ใช้ได้
	9	0.58	0.41	ใช้ได้

หาความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.96



ตารางที่ 37 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ ที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	\bar{X}	ผลการ วิเคราะห์
		คน ที่	คน ที่	คน ที่	คน ที่	คน ที่			
		1	2	3	4	5			
1. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้	1	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	2	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของการกระจัดกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้	5	1	1	0	1	0	3	0.60	ใช้ได้
	6	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	8	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	10	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
	11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความเร็วและความเร่งกับเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้	12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	13	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
	14	0	1	0	1	1	3	0.60	ใช้ได้
	15	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	16	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	17	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
	18	1	1	1	0	-1	2	0.40	ใช้ไม่ได้
	19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4. นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงกับการสั่นของมวลติดปลายสปริงได้	20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	21	1	1	0	1	0	3	0.60	ใช้ได้
	22	0	1	0	1	0	2	0.40	ใช้ไม่ได้
	23	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	27	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
	28	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ ที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	\bar{X}	ผลการ วิเคราะห์
		คน ที่	คน ที่	คน ที่	คน ที่	คน ที่			
		1	2	3	4	5			
	29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5. นักเรียนอธิบายผล ของแรงกับการแกว่ง ลูกตุ้มอย่างง่ายได้	31	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
	32	0	1	0	0	1	2	0.40	ใช้ไม่ได้
	33	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	34	-1	1	1	1	1	3	0.60	ใช้ได้
	35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6. นักเรียนสามารถ อธิบายความถี่ ธรรมชาติของวัตถุ และการเกิดการสั่น พ้องได้	39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
	40	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้



ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย จำนวน 20 ข้อ

ข้อสอบข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล
1	0.41	0.45	ใช้ได้
2	0.67	0.31	ใช้ได้
3	0.77	0.29	ใช้ได้
4	0.59	0.37	ใช้ได้
5	0.69	0.56	ใช้ได้
6	0.69	0.25	ใช้ได้
7	0.51	0.44	ใช้ได้
8	0.59	0.58	ใช้ได้
9	0.46	0.34	ใช้ได้
10	0.54	0.59	ใช้ได้
11	0.56	0.33	ใช้ได้
12	0.54	0.48	ใช้ได้
13	0.41	0.35	ใช้ได้
14	0.51	0.54	ใช้ได้
15	0.54	0.79	ใช้ได้
16	0.74	0.45	ใช้ได้
17	0.41	0.25	ใช้ได้
18	0.77	0.29	ใช้ได้
19	0.72	0.30	ใช้ได้
20	0.72	0.30	ใช้ได้

หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก
อย่างง่าย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิธีของโลเวท (Lovett Method) ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.84

พหุ ประถมศึกษา

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง โปรดพิจารณาแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคนิคสแควมเพอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความมีความสอดคล้อง

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความมีความสอดคล้อง

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความไม่มีความสอดคล้อง

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง		
	-1	0	+1
บทบาทผู้สอน			
1. ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี			
2. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง			
3. ผู้สอนมีการจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก			
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม แสดงความคิดเห็นและร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน			
5. ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น			
6. ผู้สอนจัดเตรียมอุปกรณ์ สื่อ หลากหลายให้ผู้เรียนพร้อมต่อการสร้างชิ้นงาน			
บทบาทผู้เรียน			
7. ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมที่ตนเองชอบและสนใจ			
8. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเอง			
9. ผู้เรียนอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น			
10. ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบ ด้วยตนเอง			
11. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่น			
12. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน			
วิธีการจัดการเรียนรู้			
13. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ สนุกสนานและมีความเหมาะสมกับเนื้อหา			

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง		
	-1	0	+1
14. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกัน			
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใฝ่รู้และแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง			
16. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์			
17. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง			
18. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย			
การวัดและการประเมินผล			
19. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย			
20. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล			
21. ผู้สอนแจ้งเกณฑ์การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล			
22. การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้			
23. การวัดและประเมินผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่แจ้งไว้			
24. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พูน ปรณ จิตร ชีวะ

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

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

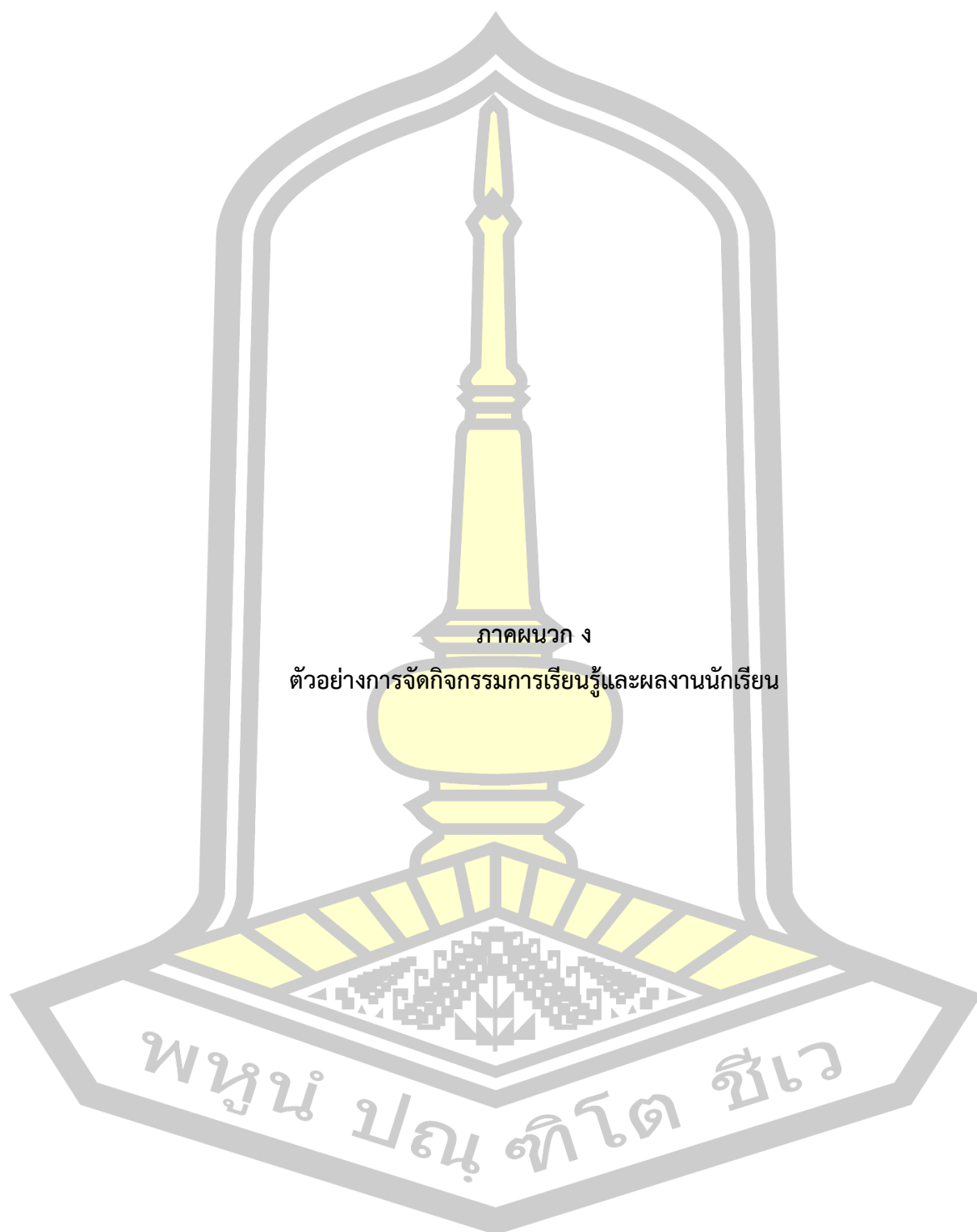
ตารางที่ 39 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X}	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
4	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	0	1	1	1	1	0.80	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	1.00	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	0	1	0.80	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
20	0	1	1	0	1	0.60	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
24	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์อำนาจจำแนกของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (Item Total Correlation)	ผลการวิเคราะห์
1	0.73	ผ่านเกณฑ์
2	0.74	ผ่านเกณฑ์
3	0.49	ผ่านเกณฑ์
4	0.49	ผ่านเกณฑ์
5	0.54	ผ่านเกณฑ์
6	0.46	ผ่านเกณฑ์
7	0.62	ผ่านเกณฑ์
8	0.70	ผ่านเกณฑ์
9	0.42	ผ่านเกณฑ์
10	0.67	ผ่านเกณฑ์
11	0.58	ผ่านเกณฑ์
12	0.68	ผ่านเกณฑ์
13	0.73	ผ่านเกณฑ์
14	0.63	ผ่านเกณฑ์
15	0.73	ผ่านเกณฑ์
16	0.73	ผ่านเกณฑ์
17	0.63	ผ่านเกณฑ์
18	0.77	ผ่านเกณฑ์
19	0.68	ผ่านเกณฑ์
20	0.66	ผ่านเกณฑ์
21	0.66	ผ่านเกณฑ์
22	0.76	ผ่านเกณฑ์
23	0.73	ผ่านเกณฑ์
24	0.75	ผ่านเกณฑ์

หาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient: α) เท่ากับ 0.95



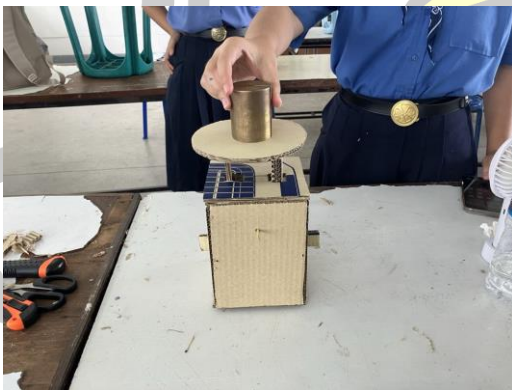
ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และผลงานนักเรียน

พหุบัณฑิตวิทย์วิทยา

ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้





ตัวอย่างชิ้นงานนักเรียน

ผลการบันทึกกิจกรรม

$2+2=4$

ความยาวเชือก / ($\times 10^{-2}$ m)	เวลาที่ใช้ในการแกว่ง 30 รอบ (s)	คาบ (s)	\sqrt{l} (m ^{1/2})
30	32.49	1.08	5.47
40	37.50	1.25	6.32
50	42.10	1.40	7.07
60	46.39	1.55	7.75
70	50.29	1.67	8.37

สรุปผลการทำกิจกรรม

ความยาวเชือกที่แกว่ง ความยาวแกว่งที่ได้จาก

.....

.....

.....

.....

.....

2

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกราฟ T กับ l มีลักษณะอย่างไร เขียนความสัมพันธ์ของสองปริมาณนี้ได้อย่างไร

เป็นเส้นโค้ง

.....

.....

$2+2=4$

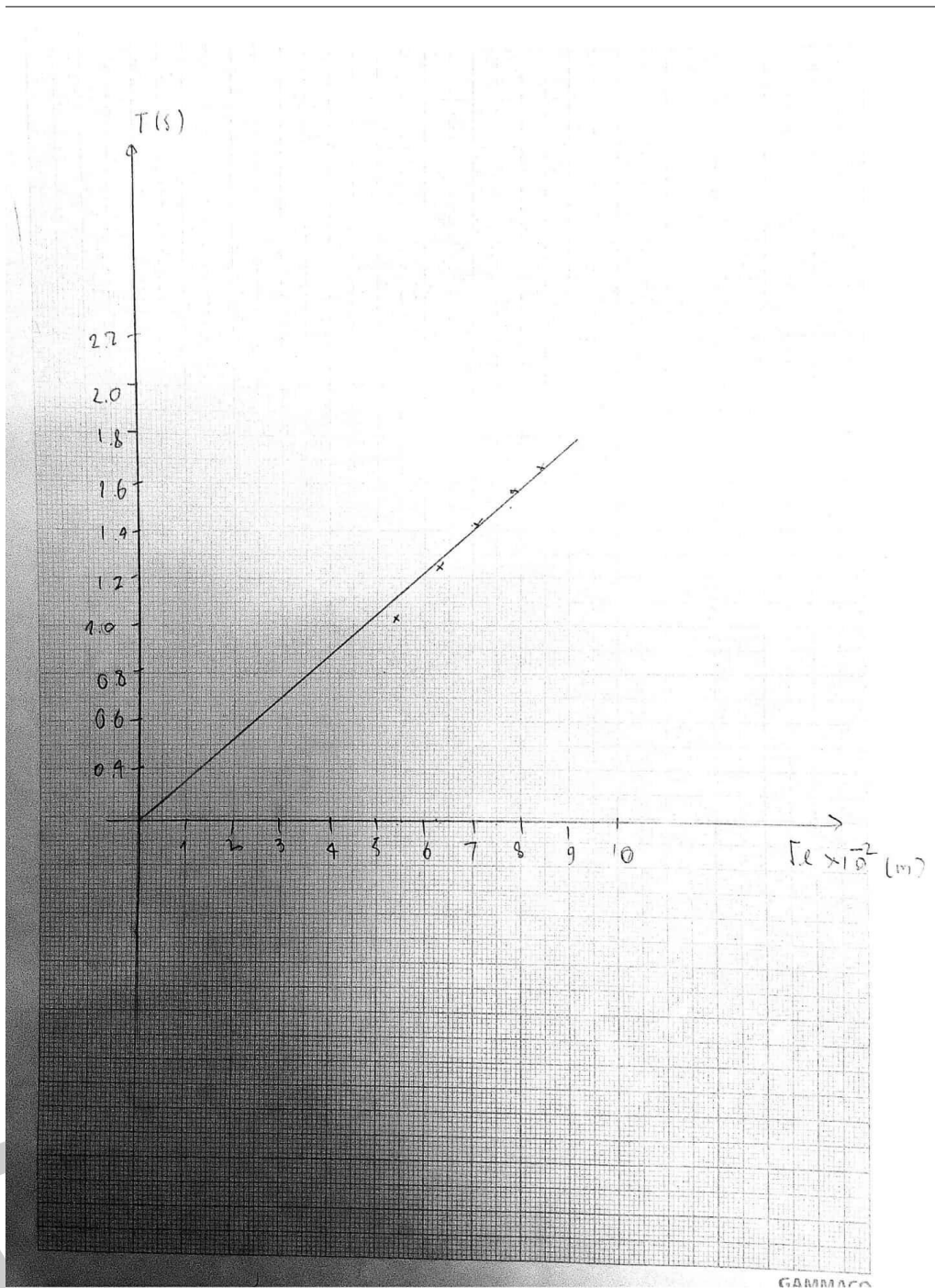
2. จากกราฟ T กับ \sqrt{l} มีลักษณะอย่างไร และปริมาณทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเส้นหรือไม่

เป็นกราฟเส้นตรง

.....

.....

มณู ที เด



มณฑล เชียง

ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 2

✂ ใบกิจกรรมที่ 2

สมาชิกในกลุ่ม	ชื่อกลุ่ม
1. นางสาวชกนภ	ฝนฟ้าทองศรี	เลขที่	1ก	ชั้น	5/10
2. นางสาวณัฐวิ	พิงอุบล	เลขที่	3ก	ชั้น	5/10
3. นางสาวณิชาลา	นารีลา	เลขที่	13ก	ชั้น	5/10
4. นางสาวณัฐริดา	บุษราคัม	เลขที่	12ข	ชั้น	5/10
5. นางสาวปาลิษา	อ่อนป้อมงาม	เลขที่	14ข	ชั้น	5/10
6. นางสาวฮาวิษา	อ้วนลิ้ม	เลขที่	20ข	ชั้น	5/10
7.	เลขที่	ชั้น

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

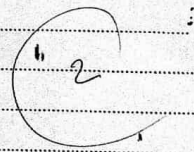
สถานการณ์

หลังจากเลิกเรียนแล้วนายเอเดินทางกลับบ้าน เมื่อถึงบ้านนายเอได้รับโทรศัพท์จากพ่อ พ่อบอกกับนายเอว่าพ่ออยู่ศูนย์เฟอร์นิเจอร์กำลังเลือกซื้อตู้เสื้อผ้าเข้าบ้าน ก่อนซื้อต้องมั่นใจก่อนว่าจะสามารถเคลื่อนตู้เสื้อผ้าผ่านประตูได้โดยไม่ติดขัด พ่อจำได้แค่ความกว้างของประตูมีขนาดเท่ากับ 80 เซนติเมตร แต่พ่อจำความสูงของประตูไม่ได้จึงให้นายเอช่วยวัดความสูงของประตูให้รวดเร็วที่สุด ซึ่งนายเอมีเวลาเพียง 20 นาทีที่ร้านเฟอร์นิเจอร์จะปิด นายเอจึงหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดภายในบ้านพบว่าไม่มีไม้บรรทัด หรือตลับเมตร แต่วันนี้ที่โรงเรียนนายเอได้เรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย ดังนั้นนายเอจึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายให้มีความรวดเร็วและแม่นยำที่สุด

1. ระบุปัญหา

1.1 ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

- ไม่ซื้ออุปกรณ์รับวัดความสูงประตู
- ต้องรอซื้อ/ขนของใหม่มาวางไว้ที่บ้าน/ขนรับไป
- ไม่รู้ความสูงประตู



X ใบกิจกรรมที่ 2

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่ ชื่อกลุ่ม

1.	นาง ชลภาค วัฒนาทองศรี	เลขที่ 1ก	ชั้น 5/10
2.	นาง รชชฎิ พิงธุลี	เลขที่ 3ก	ชั้น 5/10
3.	คุณศาว นันทภา สารลา	เลขที่ 13ก	ชั้น 5/10
4.	นางสาว อวีร์รา บุตรประม	เลขที่ 12ข	ชั้น 5/10
5.	นางสาว ปาลิศา อ่อนบัวงาม	เลขที่ 14ข	ชั้น 5/10
6.	นางสาว อธิชา อ้วนเล็ก	เลขที่ 20ข	ชั้น 5/10
7.		เลขที่	ชั้น

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์

หลังจากเลิกเรียนแล้วนายเอเดินทางกลับบ้าน เมื่อถึงบ้านนายเอได้รับโทรศัพท์จากพ่อ พ่อบอกกับนายเอว่าพ่ออยู่ศูนย์เฟอร์นิเจอร์กำลังจะเลือกซื้อตู้เสื้อผ้าเข้าบ้าน ก่อนซื้อต้องมั่นใจก่อนว่าจะสามารถเคลื่อนตู้เสื้อผ้าผ่านประตูได้โดยไม่ติดขัด พ่อจำได้แค่ความกว้างของประตูมีขนาดเท่ากับ 80 เซนติเมตร แต่พ่อจำความสูงของประตูไม่ได้จึงให้นายเอช่วยวัดความสูงของประตูให้รวดเร็วที่สุด ซึ่งนายเอมีเวลาเพียง 20 นาทีที่ก่อนที่ร้านเฟอร์นิเจอร์จะปิด นายเอจึงหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดภายในบ้านพบว่าไม่มีไม้บรรทัดหรือตลับเมตร แต่วันนี้ที่โรงเรียนนายเอได้เรียนวิชาฟิสิกส์เรื่องการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่าย ดังนั้นนายเอจึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความสูงของวัตถุโดยใช้หลักการการแกว่งลูกตุ้มอย่างง่ายให้มีความรวดเร็วและแม่นยำที่สุด

1. ระบุปัญหา

1.1 ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

- ไม่รู้วิธีวัดความสูงประตู
- ไม่มีเครื่องมือวัดความสูงประตู
- ไม่มีวิธีวัดความสูงประตู

6 2

11.1

6.28

4. ทดสอบชิ้นงาน

4.1 หาความสูงของประตู

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

แทนค่า

$$3.21 = 2(3.14) \sqrt{\frac{l}{9.8}}$$

$$l = 2.55$$

หรือ 2.5 เมตร

2

4.2 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของเครื่องมือ 155cm

$$\text{ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{หาค่าที่} - \text{ค่าที่} \text{ได้}|}{\text{หาค่าที่}} \times 100\%$$

$$= \frac{|209 - 255|}{209} \times 100\%$$

$$= \frac{46}{209} \times 100$$

$$= 22\%$$

1

มณฑลพิษณุโลก

5. ปรับปรุงชิ้นงาน

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงเครื่องมีวัดความสูงเพื่อให้เครื่องมือมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามจากเทคนิคสแควร์ ดังนี้

1. นักเรียนคิดว่าจะสามารถนำสิ่งใดมาทดแทนส่วนที่ใช้สำหรับแกว่งและส่วนที่เป็นมวลเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เปลี่ยน สลัก จาก นีโอ 2 นิ้ว เป็น ก้อนหิน ทดเปลี่ยน สลัก ให้คนถือ
ไปผูกติด กับหลอดพลาสติกความหนาแน่นสูง เปลี่ยน สาย จากระเบิดไปคือ ยางรถ
ทดลองใช้ โข่ เปลี่ยน วัสดุ เปลี่ยน จะใช้ ได้ดี คง คง คง หรือเพิ่มน้ำหนัก

3 + 0 + 2
(5)

2. นักเรียนคิดว่าจะนำสิ่งใดบ้างมารวมเข้าด้วยกันเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

รวบรวม เชือก ไม้ มวล แก้ว ไม้ ก้อนหิน ไม้ สลัก ไม้ และ ทราย ผูกติดกัน
เครื่องวัดสูง

(1)

3. นักเรียนคิดว่าจะสามารถนำสิ่งใดมาปรับใช้กับเครื่องมือวัดความสูงเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เปลี่ยน ไม้ ผูก กับ สิ่งของ ที่ มีความหนาแน่นสูง ใช้ ไม้ หนาแน่น แข็งแรง

(2)

4. นักเรียนคิดว่าสามารถตัดแปลงส่วนใดเพื่อให้เครื่องมือวัดความสูงมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น


ตัดแปลงมวล ให้มีความหนาแน่นสูง ใช้ ไม้ เปลี่ยน นีโอ 2 นิ้ว เป็น ดินเหนียว ก้อนหิน

จุดตัด

(2)

มณู ที โข่

ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 3

 ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย

คำชี้แจง: ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อให้ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์

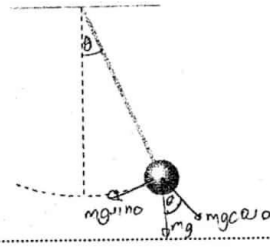
2+L+L (6)

1. จงอธิบายความหมายของแรงดึงกลับ

แรงที่กระทำให้อัตราการเคลื่อนที่กลับคืนมาสู่ตำแหน่งที่สมดุล

(2)

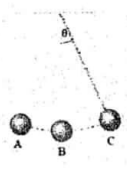
2. จากรูปจงบอกแรงดึงกลับ (restoring force) คือ



(2)

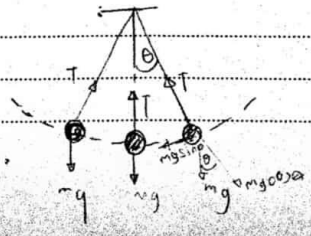
$F = -mg \sin \theta$

3. ลูกตุ้มเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายระหว่างจุด A และจุด C โดย B เป็นจุดต่ำสุดดังรูป



(2)

จงเขียนแผนภาพแสดงแรงกระทำต่อลูกตุ้ม ในขณะที่ลูกตุ้มอยู่ที่จุด A จุด B และจุด C



ตัวอย่างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์

สถานการณ์ที่ 1 สถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1 - 3

๒๒๑๒๒ ๒๒๑๒๐

ในช่วงเช้าวันพุธที่ 3 เดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ในเมืองเทศบาลอวาทเลียนของไต้หวัน เกิดเสียงดังกึกก้องและแรงสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ในไม่ช้าก็มีเสียงจากการร่วงหล่นและพังทลายของวัสดุก่อสร้างทำให้ผู้คนที่อยู่บริเวณนั้นตื่นตระหนกและหวาดกลัว ต่างพากันหนีออกมาจากตึกในทันที หลังจากนั้นอาคารเริ่มเอียงและถล่มลง ส่งผลให้มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจำนวนมากวัสดุก่อสร้างกระจัดกระจายไปทั่วบริเวณนั้น

<https://www.thaipost.net/abroad/news/563932/>

1. จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนคิดและบอกสาเหตุของสถานการณ์ดังกล่าวให้ได้มากที่สุดโดยมีความหลากหลายของมุมมองและแนวคิดที่แตกต่างกันเท่าที่จะเป็นไปได้

๒๒๑๒๐ ๒๒

- อาจเกิดจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือ ภัยธรรมชาติ หรือ ไม้ได้มาตรฐาน

- อาจเกิดจากที่เก็บทิ้งของวัสดุการก่อสร้างอีก (เช่นขยะ) ในการสร้างตึก (ดินทรุด)

- อาจเกิดจากโครงสร้างภายในอาคารอาจไม่แข็งแรง หรือ ภัยธรรมชาติที่จู่โจม

นักเรียนที่ร่วมคิดได้

- อาจเกิด แผ่นดินไหวขึ้นในบริเวณที่ใกล้ตึก หรือ ที่จุดเกิดขบวนการทำให้เกิด

การทรุดของตึก

- อาจเกิดจากการทรุดตัวของตึกที่ไม่ได้รับการซ่อมแซม จึงทำให้ตึกไม่มีความมั่นคง

ความมั่นคง

มีการขยับ เปลี่ยนโครงสร้างอาคาร

2. จากสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนคิดและบอกวิธีในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ดังกล่าวให้ได้มากที่สุด มีความหลากหลายของมุมมองและแนวคิดที่แตกต่างกันเท่าที่จะเป็นไปได้ ๕๕๕๕/๑ ๔๙

- เล็กก็ใช้สื่อที่เข้าถึงง่ายทั้งปวง จะหาฯ และ อิงหาฯ จนได้

- เล็กก็ใช้สถานที่ที่พอๆ สื่อในการสื่อสารสื่อสร้างใหม่

- ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญที่เอื้ออำนวยใช้ซึ่งของเหมาะสม ใดควรสร้างสื่อให้ใช้ได้มาเรื่อยๆ

ทั้งนี้ แร้ง

- สร้างสื่อที่มีคุณภาพทั้งเรื่อง และ สามารถเผยแพร่ของผู้อื่นได้ หรือ สืบค้นที่อื่นได้

- ถ้าหากในต่ออนาคตได้รับความเสียหาย หรือ ทุจริตโทษ ๑๖ ได้รับการช่วยเหลือ

โดยดุษณี

มณู ที เก