



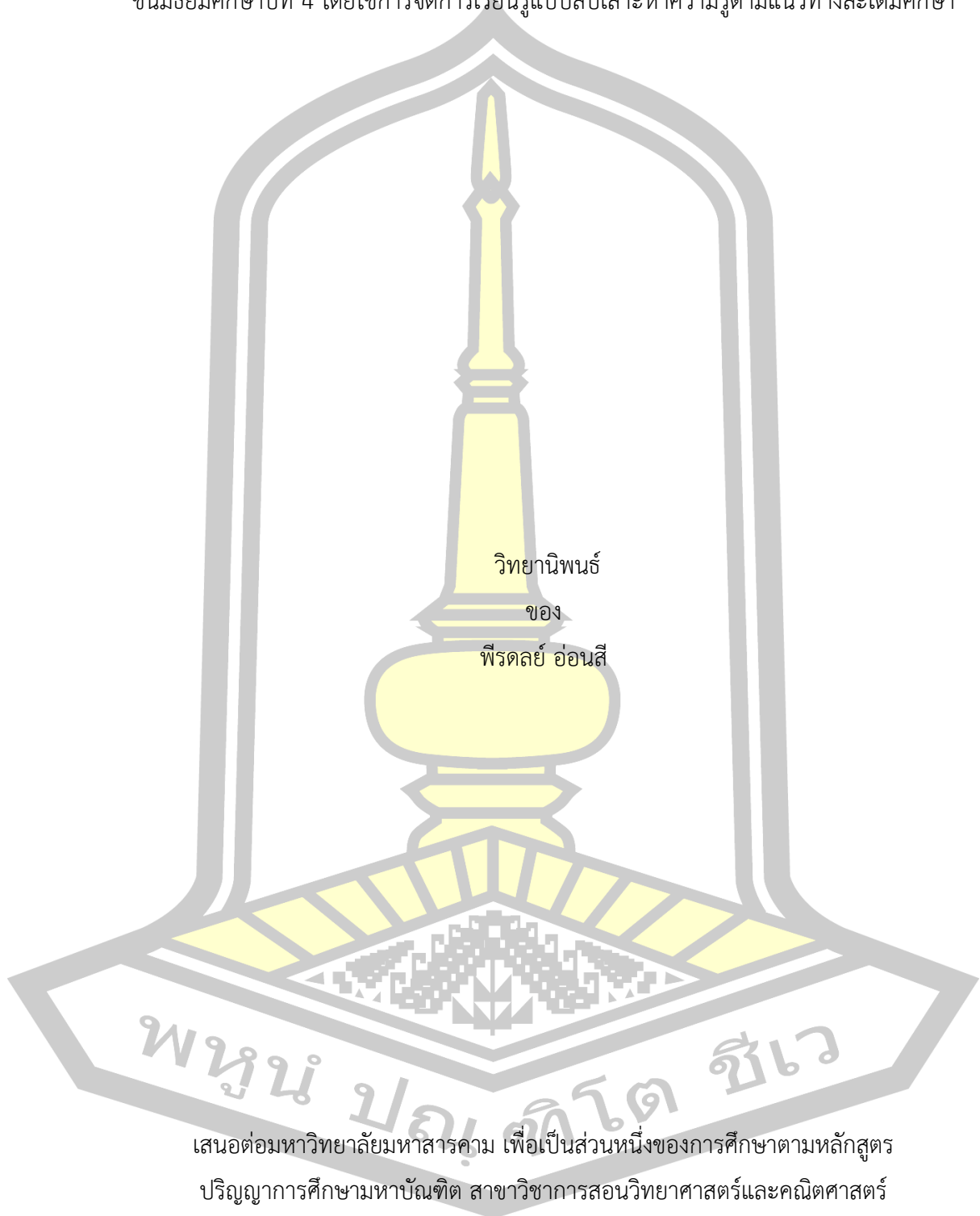
การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์
ของ
พีรตลย์ อ่อนสี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



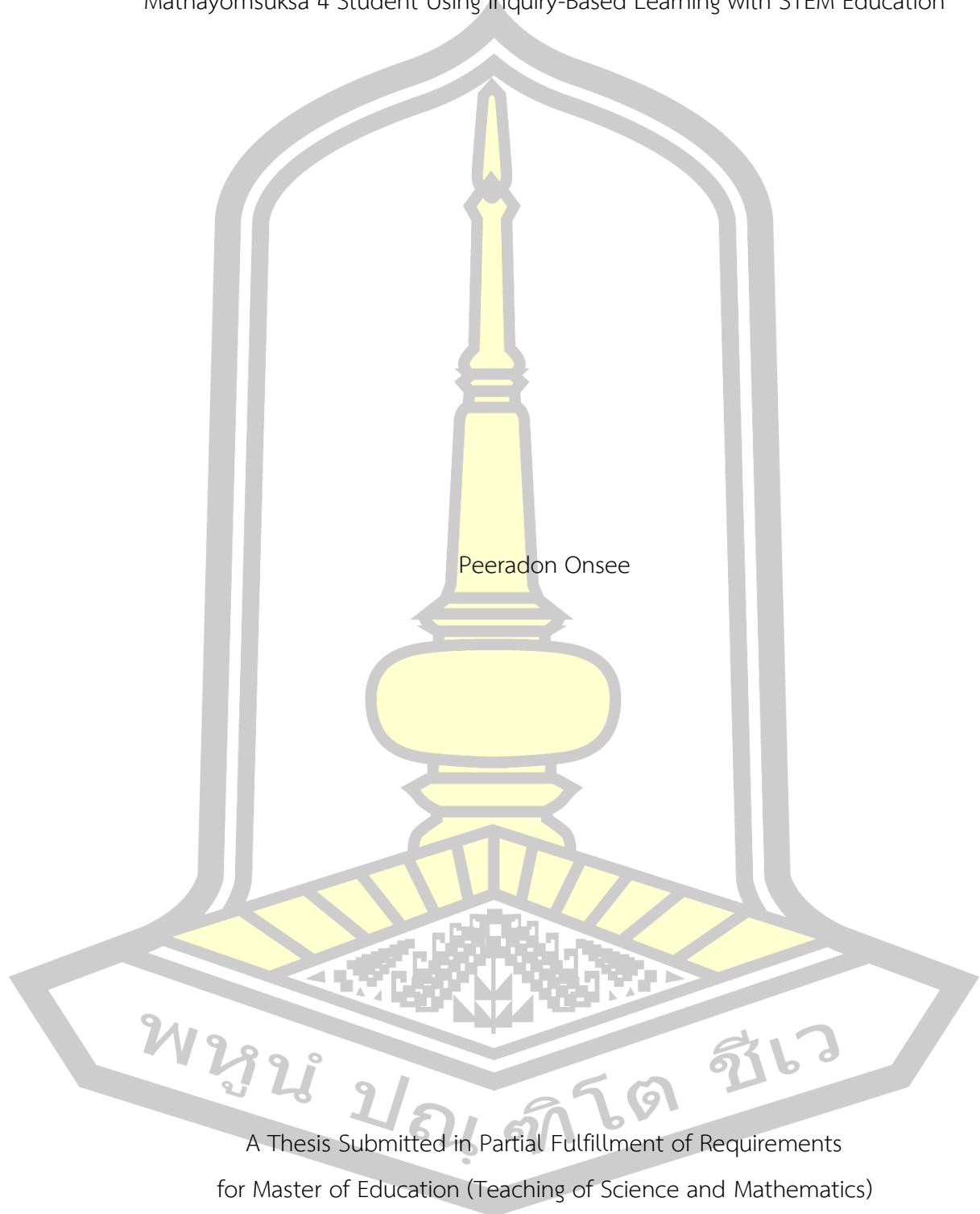
พูน บุญเกิด โชเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Critical Thinking Skills and Academic Achievement in Physics of
Mathayomsuksa 4 Student Using Inquiry-Based Learning with STEM Education



Peeradon Onsee

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

July 2019

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายพีรตลย์ อ่อนสี แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อ. ดร. กัญยรัตน์ สอนสุภาพ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. สุมาลี ชุกำแพง)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริ)

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา		
ผู้วิจัย	พีรตลย์ อ่อนสี		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีปัญหาคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำนวน 21 คนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์จำนวน 20 คน ตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน 12 ชั่วโมง แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานพลังงาน จำนวน 40 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.67 คะแนน หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.26 คะแนน มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 20 คน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.88 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยเท่ากับ 14.64 คะแนน มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เหลือจำนวน 3 คน

คำสำคัญ : ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, สืบเสาะหาความรู้, สะเต็มศึกษา, การคิดอย่างมีวิจารณญาณ, ฟิสิกส์

TITLE	Development of Critical Thinking Skills and Academic Achievement in Physics of Mathayomsuksa 4 Student Using Inquiry-Based Learning with STEM Education		
AUTHOR	Peeradon Onsee		
ADVISORS	Associate Professor Prasart Nuangchalem , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2019

ABSTRACT

This action research aims to develop the critical thinking and achievement in physics of grade 10 students using inquiry-based learning with STEM education. Target group consisted of 21 students who has a critical thinking problem and 20 student with achievement problem. The research instrument were 6 lesson plans, 20 items of critical thinking test with 4 multiple choices, and 40 items of achievement test with 4 multiple choices. The finding showed that

1. The critical thinking of target group was 8.41 out of 20 point and the amount of target group was 21 student before use the inquiry-based learning with STEM education. The second spiral was finished, critical thinking increased to 12.2 point. The students who has not pass the 70 percent criteria was 5 students.

2. The achievement of target group was 8.05 out of 20 point and the target group was 20 students before use the inquiry-based learning with STEM education. The second spiral was finished, the achievement increase to 9.67 point. The amount of students who has not pass the 70 percent criteria was 3 students.

Keyword : critical thinking, achievement, inquiry-based learning, STEM education, physics

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากรองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนันต์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ นายดุสิต วรรณธรรม และนางจุไรรัตน์ ธนยังยืน ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ ภายใต้โครงการโครงการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสถานศึกษา และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารีทุกท่าน ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล และให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ที่ให้การศึกษอบรมสั่งสอนเพื่อชี้แนะให้เกิดการเรียนรู้ ตลอดจนให้เป็นผู้มีคุณธรรม และจริยธรรม เพื่อนำทางชีวิตสู่ความสำเร็จต่อไป

พิรตลย์ อ่อนสี

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บัญชีตาราง.....	ฌ
บัญชีภาพประกอบ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	7
สะเต็มศึกษา.....	9
การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	17
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	31
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	43
บริบทโรงเรียนผดุงนารี.....	47
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	57
กลุ่มเป้าหมาย.....	57
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	57
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย.....	58
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	70
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	76
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	76
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	95
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	95
สรุปผล.....	95
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะ.....	101
บรรณานุกรม.....	102
ภาคผนวก.....	111
ภาคผนวก ก หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ.....	112
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อ.....	119
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือวิจัย.....	157
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือวิจัย.....	165
ประวัติผู้เขียน.....	172

บัญชีตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ขั้นตอนและบทบาทของครูกับนักเรียน.....	24
ตารางที่ 2 การพัฒนาห้องเรียนและหลักสูตรของโรงเรียนผดุงนารีจากอดีต	48
ตารางที่ 3 รายงานผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนผดุงนารี ...	51
ตารางที่ 4 รายงานผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี ...	52
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้.....	59
ตารางที่ 6 ระดับความเหมาะสมขอแผนจัดการเรียนรู้.....	64
ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และจำนวนของข้อสอบ	65
ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับจำนวนข้อสอบ.....	68
ตารางที่ 9 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1	71
ตารางที่ 10 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 2	74
ตารางที่ 11 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1	86
ตารางที่ 12 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2	91
ตารางที่ 13 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้.....	166
ตารางที่ 14 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ...	168
ตารางที่ 15 การประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	170

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บัญชีภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	19
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้น ของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	21
ภาพประกอบ 3 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมี วิจรรย์ญาณก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	79
ภาพประกอบ 4 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณในแต่ละด้าน.....	80
ภาพประกอบ 5 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมี วิจรรย์ญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	84
ภาพประกอบ 6 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณในแต่ละด้านหลังจากจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	85
ภาพประกอบ 7 จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจรรย์ญาณ หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	89
ภาพประกอบ 8 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจรรย์ญาณในแต่ละด้านหลังจากจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	90
ภาพประกอบ 9 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในแต่ละช่วงของ การทำวิจัย	91

พหุ ประถมศึกษา

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในศตวรรษที่ 21 การจัดการกระบวนการเรียนรู้ได้เปลี่ยนแปลงจากในอดีตไปอย่างมาก โดยเปลี่ยนจากการที่ในอดีตนั้นจะเน้นให้ครูเป็นศูนย์กลางของความรู้ทั้งหมด ส่วนเด็กนักเรียนนั้นมีบทบาทเพียงแค่รับความรู้จากครูฝ่ายเดียว ดังนั้นในศตวรรษที่ 21 นี้จึงมีการปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนไปเพื่อให้นักเรียนสามารถที่จะนำเอาความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการปรับท่าเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของโลก โดยผู้เรียนต้องพัฒนาตนเองในทุกๆด้าน และเต็มตามศักยภาพเพื่อให้พร้อมกับการก้าวสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ (วิจารณ์ พานิช, 2555) ผู้เรียนต้องมีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตมีทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีเพื่อติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายที่หลากหลายรูปแบบ สามารถสืบเสาะข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพและสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี (ประสาธน์ เมืองเฉลิม, 2558) ดังนั้นผู้สอนควรนำเสนอการใช้การเรียนการสอนที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพดังที่กล่าวมา เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในทุกๆด้าน โดยเฉพาะทักษะที่ผู้เรียนจะต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวันที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 มีหลากหลายแต่ในทักษะเหล่านั้นมีหนึ่งทักษะที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถไตร่ตรอง คัดกรองข้อมูล สร้างความคิดรวบยอดอย่างมีเหตุผล ก่อนที่จะเชื่อหรือเลือกปฏิบัติโดยตั้งอยู่บนหลักของเหตุและผล รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ ที่สะสมมา นั่นคือทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีจุดเด่นดังนี้ 1) เป็นการคิดเพื่อนำไปสู่การดำรงชีวิตที่ดีขึ้น หรือเกิดความคุ้มค่ามากที่สุดต่อการเลือกใช้ให้เกิดประโยชน์ 2) เป็นการคิดที่จะนำไปสู่ความรู้ที่ดีขึ้นเพราะมีการพิจารณาไตร่ตรอง รวบรวมข้อมูลได้ถูกต้องเหมาะสม 3) เป็นการคิดที่จะนำไปสู่การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ในยุคข้อมูลข่าวสารที่หลากหลาย และ 4) เป็นการคิดที่สามารถก่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้อย่างต่อเนื่องในโลกที่มีสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไปสู่ยุคสารสนเทศ (กฤษณา โลหการก, 2560)

การเรียนรู้ในยุคของสารสนเทศนั้นวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องจัดการเรียนการสอนแบบที่เน้นไปที่ตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ตามทฤษฎีของกลุ่มสร้างสรรค์

ความรู้ (Constructivism) โดยผู้เรียนจะสร้างความรู้ด้วยการศึกษาเอง และประเมินตนเอง รวมไปถึงการร่วมมือกันกับผู้อื่น ไม่ได้เน้นที่เนื้อหาวิชา (Content) เพียงอย่างเดียว แต่เน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและกระบวนการคิด โดยเฉพาะทักษะที่สำคัญ และจะต้องเรียนรู้ตลอดชีวิตในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ทักษะด้านความเข้าใจข้ามวัฒนธรรม (Cross-cultural Understanding) ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership) ทักษะด้านการสื่อสารสารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information, and Media Literacy) ทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) และทักษะอาชีพ และการเรียนรู้ (Career and Learning Skills) (วิจารณ์ พานิช, 2555)

โรงเรียนผดุงนารี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เปิดสอนทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบสหศึกษา มีการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมปลายในทุกห้องเรียน วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่จัดว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิชานี้มีความสำคัญ อย่างไรก็ดี แต่อย่างไรก็ตามการเรียนการสอนของครูในห้องเรียนโดยส่วนมากจะใช้วิธีการสอนแบบท่องจำสูตรและบรรยายทำให้เด็กนักเรียนไม่ได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ หรือการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง จึงทำให้ผู้เรียนมีปัญหาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมถึงขาดทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงต่างๆ จากการสังเกตห้องเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการระบุประเด็นปัญหา การค้นคว้าหาข้อมูล รวมไปถึงการคัดเลือกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ รวมถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเนื่องจากการไม่มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการค้นคว้า การทดลอง การออกแบบ และการสังเคราะห์ชิ้นงานขึ้นมาเป็นรูปธรรมที่จะต้องอาศัยการคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล การตัดสินใจ การวางแผนรวมถึงการพิจารณาไตร่ตรอง รวบรวมข้อมูลและเลือกใช้ข้อมูลอย่างถูกต้อง จากการนำเครื่องมือไปตรวจสอบพบว่าความสามารถในการคิดแบบมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำกว่าเกณฑ์ 70 เปอร์เซนต์ จำนวน 21 คนโดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 56 เช่นเดียวกันกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนในปีการศึกษา 2561 พบว่ามีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 20 คน (โรงเรียนผดุงนารี, 2561)

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง ศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics : M) โดยเป็นการนำเอาวิธีการสอน และจุดเด่นของแต่ละแขนงวิชามารวมกันอย่างลงตัว ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นจากการขาดแคลนแรงงานคุณภาพทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา สะเต็มศึกษาจึงเน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ต่อยอดในสถานการณ์โลกปัจจุบัน (ปารีชาติ ประเสริฐรังษ์, 2556; สิริินภา กิจเกื้อกุล, 2558a) นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนา ทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) โดยในการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษานั้นจะเน้นไปที่กระบวนการทางวิศวกรรมคือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมและเน้นที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา แต่อย่างไรก็ตามในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีนั้น แนวทางการสืบเสาะหาความรู้ก็ยังคงควรนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบกันไปด้วย (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมแก่การพัฒนาทักษะกระบวนการคิดที่สำคัญจึงควรนำเอาการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้นั้นผู้วิจัยได้ศึกษาและพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถที่จะกระตุ้นและพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในตัวผู้เรียนได้ จากเหตุผลต่างๆ ที่กล่าวมาด้านบนจึงทำให้ผู้ทำวิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาในส่วนนี้ว่าเป็นปัญหาที่จำเป็นที่จะต้องแก้ไขเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มเป้าหมายโดยได้นำเอาวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาใช้ในรายวิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางการเรียนในห้องเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 21 คน และผลสัมฤทธิ์ จำนวน 20 คนในโรงเรียนผดุงนารี ให้คะแนนพัฒนาไปอยู่ในเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 70 ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายให้ดีขึ้นจึงจะทำให้เกิดการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

ข้อค้นพบนี้จะช่วยให้ครูที่สนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่มีปัญหาผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 20 คน โรงเรียนผดุงนารี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26
2. ตัวแปรที่ศึกษา

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัย

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งาน และพลังงานตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4. ระยะเวลาในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้ระยะเวลาในการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

นियามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ โดยการใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นไปที่การ เกิดการเรียนรู้จากการค้นคว้า ทดลองการตั้งคำถาม หาเหตุผล และสรุปผลออกมาเองของผู้เรียน โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ตลอดจนผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดย ได้มีการแทรกการบูรณาการระหว่าง 4 ศาสตร์คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาเข้าไปในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนสอน ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

1. ขั้นสร้างความสนใจเป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้เรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจ เกิดขึ้นเองจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเหตุการณ์ที่กำลังเป็นที่สนใจในช่วงเวลานั้น
2. ขั้นสำรวจและค้นคว้าเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำการสำรวจตรวจสอบ ทดลอง ค้นหา ความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้วางแผนแนวทางของเนื้อหา และผู้ช่วยเหลือ เพิ่มเติมความรู้ให้กับผู้เรียน มีการแทรกแนวทางของสะเต็มศึกษาเข้าไปในโดยการบูรณาการระหว่าง วิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์จากการทำใบกิจกรรม
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่มีเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการ ทดลอง การค้นคว้า หรือสำรวจ จากขั้นที่ 2 และบันทึกลงเป็นข้อสรุปของตนเอง โดยมีครูเป็นช่วย เพิ่มเติมและตรวจสอบ
4. ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำองค์ความรู้ แนวคิด หรือข้อสรุปที่มีมาขยาย ผลโดยการ ค้นคว้า ออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ขึ้นมา มี การแทรกแนวทางของสะเต็มศึกษาเข้าไปในโดยการบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม จากการออกแบบ และสร้างชิ้นงาน
5. ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินตัวเอง และประเมินเพื่อน ภายในชั้นเรียนจากการนำเสนอชิ้นงานที่สร้างในขั้นที่ 4

2. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ ความสามารถในการ ไตร่ตรองจากการใช้ สติปัญญา รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูล การระบุปัญหาและนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดระเบียบก่อนจะ

วิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลมากที่สุดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ด้านดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการระบุปัญหา กำหนดประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้
2. ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล เป็นความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญและมีประโยชน์ในการหาคำตอบของปัญหา รวมถึงการคัดเลือกกว่าข้อมูลใดที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง
3. ความสามารถในการจำแนกข้อมูล เป็นความสามารถในการจำแนกข้อมูล คัดเลือก และระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับแล้วเลือกข้อมูลที่เชื่อถือได้
4. ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน เป็นความสามารถในการสร้างหรือเลือกสมมติฐานที่มีแนวโน้มความเป็นไปได้มากที่สุด โดยการตรวจสอบที่ละเอียดรอบคอบและสมเหตุสมผลกับข้อมูล
5. ความสามารถในการสรุปและตัดสินใจ เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินสรุปความออกมาอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยกระบวนการคิดพิจารณาข้อความที่เป็นเหตุเป็นผลกัน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจสรุป

โดยสามารถวัดได้จากแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยกำหนดสถานการณ์ทั้งหมด 4 สถานการณ์ให้ผู้ทำแบบทดสอบทำการตอบคำถามโดยแบ่งเป็น 5 ด้านในแต่ละสถานการณ์ รวมเป็นทั้งหมด 20 ข้อ คิดเป็น 20 คะแนน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนผดุงนารี ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ เรื่อง งานและพลังงานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. สะเต็มศึกษา
3. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. บริบทโรงเรียนผดุงนารี
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 7.2 งานวิจัยนอกประเทศ

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

ประเทศไทยได้มีการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อเตรียมความพร้อมคนให้สามารถปรับตัวรองรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม กระทรวงศึกษาธิการจึงกำหนดเป็นนโยบายสำคัญและเร่งด่วนให้มีการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่ม สาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม รวมทั้งสาระเทคโนโลยี โดยมีเป้าหมายให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดำเนินการปรับปรุงกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสาระเทคโนโลยี และมอบหมายให้สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดำเนินการปรับปรุงสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

การปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ ยังคงหลักการและโครงสร้างเดิมของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ได้แก่ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศ แต่มุ่งเน้นการปรับปรุงเนื้อหาให้มีความทันสมัย ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการต่าง ๆ คำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ เตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมที่จะประกอบอาชีพ เมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีทั้งหมด 4 สาระ ประกอบด้วย 10 มาตรฐานโดยมีสาระและมาตรฐานดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

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

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิตสังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่มาจากประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งแนวทางสะเต็มศึกษานั้นเป็นการนำเอาวิชาหลัก 2 วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาบูรณาการแบบข้ามวิชา (interdisciplinary) และได้มีการนำเอา วิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพิ่มเข้าไปทำให้รวมทั้งหมดเป็น 4 วิชา โดยมีจุดประสงค์หลักๆ ในตอนเริ่มนั้นมีไว้เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศของสหรัฐอเมริกา ในประเทศไทยนั้นได้

มีการบูรณาการทั้ง 4 วิชาอาจจะเป็นเรื่องใหม่แต่อย่างไรก็ตาม ในส่วนของวิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีนั้นได้มีการบรรจุลงในหลักสูตรตั้งแต่หลักสูตร 2544 และ 2551 มาก่อนแล้วโดยได้มีการนำกระบวนการเทคโนโลยี เข้ามาปรับใช้กับการเรียนการสอนเพิ่มเติมเข้าไป (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556)

1. ความหมายของสะเต็มศึกษา

มนตรี จุฬาวัดนทล (2556) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ในทุกๆระดับชั้น ที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยไม่เน้นท่องจำแต่จะเน้นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด เพื่อมุ่งแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยการนำเอาองค์ความรู้ที่เรียนมาใช้

วศิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) สะเต็มศึกษาเป็น การบูรณาการการเรียน การจัดการเรียนการสอนปัจจุบันที่คำนึงถึงการพัฒนาเด็กให้มีความสามารถทางด้านสะเต็ม (STEM) มากขึ้น โดยการบูรณาการการสอน ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โดยใช้ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้อยู่ในโลกได้อย่างมีคุณภาพ

ปิยพร คำสุวรรณ และชลลธิป สมานิติ (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการข้ามกลุ่มสาระหรือศาสตร์ต่างๆที่ประกอบด้วยวิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์(M) โดยนำจุดเด่นในแต่ละด้านของวิชาเหล่านี้มาเชื่อมโยงกัน

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆได้แก่ วิชา วิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์(M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัวเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และขณะเดียวกันต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

White (2014) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่าหมายถึง การเรียนการสอน หรือการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกันเป็นหนึ่งเดียวอย่างเป็นธรรมชาติ

Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler (2012) ได้ให้ความหมายของ สะเต็มศึกษา ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิชาต่างๆ เข้าด้วยกัน อันได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ให้รวมเป็นหนึ่งเดียว

Togioka (2012) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่าเป็นการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีการคำนึงถึงการนำไปใช้ ในชีวิตจริง และจำเป็นต้องเป็นการเรียนรู้ที่มีการค้นพบ การสร้างเนื้อหาความเข้าใจขึ้นมาใหม่ ด้วย ความอยากเรียนรู้ของผู้เรียนเอง

จากความหมายของสะเต็มศึกษาที่นักการศึกษากล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างสาขาวิชาทั้งสิ้น ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำความรู้ในแต่ละด้านมาเน้นแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนนำเอาความรู้ในทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

2. ลักษณะของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการศึกษาที่มุ่งเน้นพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการในการคิด วิเคราะห์และสามารถบูรณาการความรู้ที่ได้เข้ากับวิถีชีวิตปัจจุบัน สะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่ สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557) สะเต็มศึกษาเริ่มได้รับความสนใจในปัจจุบัน แต่แท้ที่จริงแล้วสะเต็มเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ทุกยุคสมัย ซึ่งตั้งแต่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ได้บรรจุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ เทคโนโลยี (Technology:T) และวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering:E) โดยใช้ชื่อว่า การออกแบบและเทคโนโลยี นอกจากนี้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ยังได้ให้นิยามให้นิยามของคำว่ากระบวนการ เทคโนโลยี (Technological Process) ที่นำมาใช้กับการเรียนการสอน ซึ่งหลักสูตรในประเทศไทย พัฒนามาจาก Technological Design Process ซึ่งเป็นเนื้อหาที่รวมวิศวกรรมเข้าไปด้วย แต่ผู้ร่วมร่างหลักสูตรไม่ต้องการให้ให้คนสนใจในกระบวนการทางวิศวกรรมมากนัก แต่กระบวนการจัดการ

เรียนรู้ก็คงความเกี่ยวข้องในหลักการที่เกี่ยวข้องใน T และ E (อุปกาล จีระพันธุ์, 2556) ปัจจุบันการสอนแบบสะเต็มศึกษามีแนวทางการสอนที่ชัดเจนขึ้น มีการบูรณาการระหว่างสาระการเรียนรู้ในหลายรูปแบบ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา มีการนำสาระสำคัญในเนื้อหาที่ใช้สอนในแต่ละครั้ง มาผสมผสานการเรียนรู้อย่างสอดคล้องกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันตลอดจนค้นคว้าข้อมูลและทำการสืบค้นได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะที่สำคัญในอนาคตอันใกล้ หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Breiner et al., 2012; N. K. DeJarnette, 2012; White, 2014; ปิยพร คำสุวรรณ และชลธิป สมานิติ, 2558) โดยที่สะเต็มศึกษามีพื้นฐานมาจากการนำจุดเด่นของแต่ละวิชามารวมกัน ดังนี้

2.1 วิชาวิทยาศาสตร์ ในการหาจุดเด่นของวิชานี้ จำเป็นต้องทราบถึงธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนว่าเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษาหลายๆ ท่านมักจะมีการแนะนำให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมอย่างมากกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่จะประสบปัญหาสำหรับการใช้กับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา หรือสูงกว่า เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่เมื่อนำเอาวิธีดังกล่าวมา ประกอบกับการสอนวิทยาศาสตร์ในรูปแบบสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสนใจ มีความอยากรู้ อยากเรียน รู้สึกท้าทายและเกิดเจตคติที่ดีในการเรียนวิทยาศาสตร์ในที่สุด ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียนตามมา

2.2 วิชาเทคโนโลยีธรรมชาติของวิชาเทคโนโลยีนั้น มีจุดเด่นที่เป็นวิชาที่เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา และพัฒนาสิ่งต่างๆ โดยใช้กระบวนการที่เป็นระบบ ระเบียบ ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจกันแต่หมายถึงการเลือกทรัพยากรต่างๆ ที่จะมาใช้แก้ปัญหาด้วย

2.3 วิชาวิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการสรรสร้าง ออกแบบโดยมีจุดเด่นที่ชัดเจนอยู่ที่กระบวนการคิดแบบวิศวกรรม ที่มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่างๆ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจะต้องมีการวางแผนที่เป็นระบบ มีการทดลอง ค้นคว้า ก่อนจึงจะลงมือสร้างหรือประดิษฐ์นวัตกรรมขึ้นมา

2.4 วิชาคณิตศาสตร์มีจุดเด่นที่กระบวนการคิดที่จะได้มาซึ่งคำตอบ หรือการคิดแบบเป็นระบบ เป็นขั้นตอน ซึ่งไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่

สำคัญ คือ 1) กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ เช่นการเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาทางคณิตศาสตร์ เช่น ความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด ทางคณิตศาสตร์ และ 3) การคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้แนะแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน (วีณา ประชากุล และประสาท เนื่องเฉลิม, 2561) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ

5 ประการได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับการนำมาปรับใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคต
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญของบุคคลทุกคนที่จะต้องมีในอนาคตอันใกล้
4. ทำทลายความคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดเห็น และทักษะที่มีรวมถึงความรู้เดิมมาช่วยในการสร้างความรู้ของตนเองขึ้นมาใหม่
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2556) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มอ้างอิงจากแนวคิดของ Vasques และSneiderand Comer ไว้ว่าเป็นการจัดการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการจัดกระทำข้อมูล จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีการเน้นบูรณาการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้าไปในหลักสูตรของโรงเรียน โดยเสนอหลักการไว้ 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1. มีการบูรณาการระหว่าง 2 วิชาขึ้นไปเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจและมองเห็นภาพของการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดพื้นฐานที่ต้องเรียนรู้ในหลักสูตรกับการนำเอาความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือแม้แต่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้นมา
2. มีการสร้างความสัมพันธ์ กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการนำความรู้ใหม่ๆ ไปประยุกต์ใช้ มีการสร้างคำถามที่ทำให้ผู้เรียนสามารถนำไปประยุกต์หรือเชื่อมต่อกับชีวิตประจำวันให้ได้มากที่สุด อาทิเช่น วัสดุใดที่นักเรียนเห็นในชีวิตประจำวันที่สามารถนำมาประยุกต์ในการแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ได้ เป็นต้น
3. ต้องเห็นถึงความสำคัญของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เพราะเป็นความสามารถที่ต้องการในยุคของสารสนเทศมีการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัต ไม่ใช่เพียงการจดจำข้อมูลเหมือนในอดีต แต่จะต้องคำนึงถึงการค้นคว้า ค้นหา แหล่งของข้อมูล รวมไปถึงการสร้างสรรค์ที่สร้างสรรค์ที่สามารถแก้ปัญหาและสื่อสารแนวคิด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังต้องมีการพิจารณาถึงการทำงานเป็นทีม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์การร่วมมือกัน และการคิดแก้ปัญหาเป็นต้น
4. สร้างความท้าทายแก่นักเรียน ความเข้าใจถึงจิตวิทยาพัฒนาการของผู้เรียนจะช่วยให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมที่ทำท้าทายความสามารถของผู้เรียน
5. การจัดเตรียมกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์และพัฒนาความสามารถ

จรัส อินทลาภพร (2558) ได้เสนอว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา หมายถึงการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการในของ 3 เนื้อหาวิชา ประกอบไปด้วยวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าไปใน 3 สาระดังกล่าว ระดับของการบูรณาการแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1. การบูรณาการแบบสอดแทรก เป็นการบูรณาการแบบเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่างๆ กับชีวิตจริง ให้มีลักษณะกลมกลืนเป็นหัวเรื่อง โดยผู้สอนวิชาใดวิชาหนึ่งจะนำวิชาอื่นๆ ของสะเต็มมาบูรณาการกับวิชาที่ตนเองสอน

2. การบูรณาการแบบคู่ขนาน เป็นการบูรณาการที่ผู้สอนหลายคนจากวิชาต่างๆ ของสะเต็ม มาวางแผนการสอนร่วมกัน เพื่อรวมความคิดรวบยอดหลัก และนำมาจัดทำเป็นหัวเรื่อง แนวคิด หรือปัญหา ผู้สอนแต่ละคนจากแต่ละวิชาทำการสอนคู่ขนาน

3. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการบูรณาการที่ผู้สอนหลายคนจากวิชาต่างๆ ของสะเต็ม มาวางแผนการสอนร่วมกันเพื่อสอนเกี่ยวกับหัวเรื่องแนวคิด หรือปัญหา และ กำหนดภาพรวมของโครงการร่วมกันให้ออกมาเป็นชิ้นงาน

4. การบูรณาการแบบข้ามวิชา เป็นการบูรณาการที่ผู้สอนหลายคนจากวิชาต่างๆ ของสะเต็มมาวางแผนการสอนร่วมกันในองค์ประกอบของหัวเรื่อง(theme) แนวคิด หรือปัญหาจากการกำหนดเป็นโครงการและสอนร่วมกันเป็นทีมโดยได้มีการเสนอว่าในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาตัวผู้สอนจะไม่ได้ทำหน้าที่เป็นคนให้องค์ความรู้กับตัวเด็กโดยตรงแต่ต้องเป็นผู้ช่วยเอื้อให้เกิดการเรียนรู้มากที่สุดที่โดยตัวผู้สอนควรมีหน้าที่ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง
2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ทำทลายความรู้ความสามารถ กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน
3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ
4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง
6. เป็นผู้โค้ชผู้เรียน
7. เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)
8. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด
9. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการอย่างหลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์ (2554) ได้สรุปว่าการนำ STEM ไปใช้ในการเรียนการสอน ทำได้ 4 แนวทางดังนี้

1. การบูรณาการในรายวิชาพื้นฐาน โดยครูผู้สอนยี่ดวิชาที่ตนเองสอนเป็นหลัก แล้วออกแบบการเรียนรู้โดยนำวิชาอื่น ๆ มาบูรณาการ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ 2 รูปแบบคือ
 - 1.1 การบูรณาการแบบครูผู้สอนคนเดียว ครูผู้สอนยี่ดวิชาที่ตนเองสอน และตัวชี้วัดเป็นหลัก แล้วพยายามนำตัวชี้วัดของวิชาอื่นๆ ใน STEM มาบูรณาการ ให้นักเรียนใช้กระบวนการ STEM สร้างชิ้นงานขึ้นมา
 - 1.2 การบูรณาการแบบสหวิทยากร ครูผู้สอนที่สอนในระดับชั้นเดียวกัน มาออกแบบการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM ร่วมกัน โดยอาจกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้ บูรณาการ STEM ขึ้นมา เป็นคะแนนหนึ่งของของทุกๆวิชา แล้วนำตัวชี้วัดในวิชาของตนเองที่เกี่ยวข้องมาประกอบกันเป็นหน่วยการเรียนรู้ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างชิ้นงานตามที่สนใจ เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานออกมาหนึ่งผลงาน ครูทุกวิชาก็สามารถนำไปประเมินผลและให้คะแนนได้
2. การเปิดรายวิชาเพิ่มเติมใหม่ บูรณาการ STEM โดยเปิดรายวิชาเพิ่มเติมตามความพร้อมของสถานศึกษา ซึ่งจะทำให้มีอิสระในการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนสามารถตัดสินใจผลการเรียนได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ สสวท. ได้ดำเนินการออกแบบและจัดทำหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ระดับ ม.ต้น ขึ้นเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมการเรียนรู้ในบริบทของเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้ที่เป็นความต้องการ การพัฒนาเยาวชนเพื่อนำส่งให้เป็นบุคคลที่มีศักยภาพตามนโยบายการพัฒนากำลังคนของประเทศใน 10 ปีข้างหน้า คือ 1. เชื้อเพลิงเพื่อคมนาคม 2. พลังงานทดแทนกับการใช้ประโยชน์ 3. วิทยาศาสตร์กับความงาม 4. ของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ 5. สนุกกับโครงการวิทยาศาสตร์โดยสถานศึกษาควรมารายวิชาเพิ่มเติมที่ สสวท. จัดทำขึ้นไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในระดับ ม.ต้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิด วิเคราะห์ การแก้ปัญหา และบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม ผู้สถานการณ์ในชีวิตจริง รวมถึงการออกแบบสร้างนวัตกรรมตามความสนใจ สู่พื้นฐานอาชีพ ด้วยแนวทาง STEM
3. การใช้ STEM เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนในวิชาที่มีอยู่แล้ว เช่น วิชา IS1-3 การศึกษาค้นคว้าอิสระ ของโรงเรียนมาตรฐานสากล โดยครูผู้สอนดำเนินการสอนโดยเพิ่มเติมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการ STEM และเชื่อมโยงบูรณาการศาสตร์ของ STEM ไปใช้ในการสร้างผลงาน

4. การจัดกิจกรรมพิเศษบูรณาการ STEM ในรูปแบบต่างๆ เช่น ค่าย วิชาการ ค่ายลูกเสือ การทัศนศึกษา กิจกรรมพัฒนาผู้เรียน การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนที่แยกเป็นวิชาต่าง ๆ ยังเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นที่จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานในศาสตร์ต่าง ๆ จึงไม่ต้องกังวลว่าถ้าการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด STEM นี้จะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ จากนั้นครูจึงใช้แนวคิดของ STEM เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน ตลอดจนสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจ อันจะช่วยพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้นทั้งในระดับชั้นเรียน ระดับชาติ เช่น O-NET GAT-PAT และระดับนานาชาติ เช่น PISA TIMSS อีกด้วย

จากการศึกษาตามข้อมูลเบื้องต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นคือการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่างสาขาวิชาทั้งสิ้น ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำความรู้ในแต่ละด้านมาเน้นแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนนำเอาความรู้ในทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน มีลักษณะการจัดการเรียนที่เน้นให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสื่อสารแนวคิดต่างๆ ได้อย่างมีหลักการและประสิทธิภาพในยุคที่สารสนเทศมีการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตัดสินใจเลือกออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะเป็นไปตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการระหว่างวิชาดังกล่าวมาทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในงานวิจัยครั้งนี้

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

1. ความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
มีนักการศึกษาได้เรียกการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แตกต่างกันไป เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบสอบสวน วิธีสืบเสาะหาความรู้การสอนโดยให้นักเรียนค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิด การสอนแบบค้นคว้า และให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

ทิสนา แคมมณี (2559) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบเน้นกระบวนการสืบสอบว่าเป็นการเน้นที่ผู้สอนต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้เอง

เพื่อนำความรู้มา และประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตัวเอง โดยผู้สอนเป็นเพียงแค่ผู้อำนวยการความ สะดวกในด้านต่างๆ เท่านั้น เช่น ในด้านแหล่งข้อมูลในการสืบค้น การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การ โต้แย้ง และการทำงานร่วมกัน เป็นต้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของการเรียน ให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหา ความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีครูเป็นผู้ อำนวยความสะดวก เพื่อให้ นักเรียนบรรลุเป้าหมายตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้

วิภา ประชากุล และประสาธน์ เนื่องเฉลิม (2554) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วย วิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยบทบาทของผู้สอนคือการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ไขปัญหาที่ถูกต้อง ด้วยตนเอง แล้วสรุปผลออกมาเป็นหลักการ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ ประโยชน์

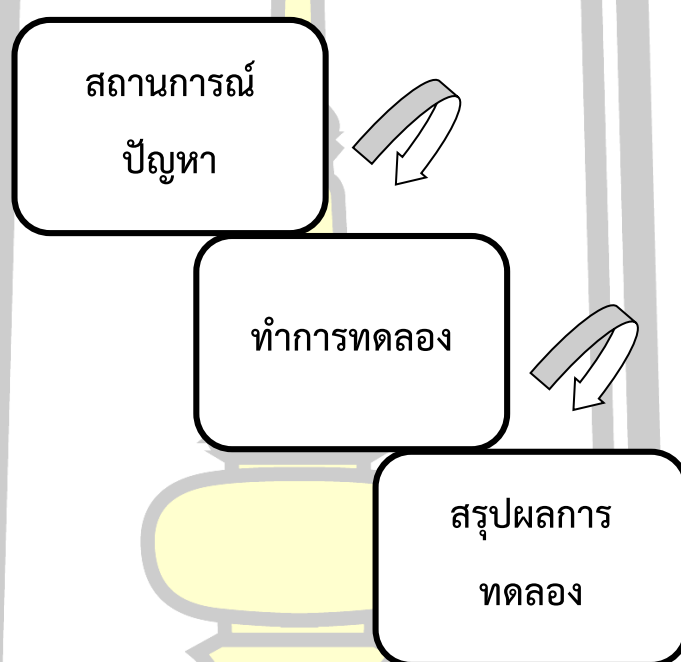
ศศิธร เวียงวะลัย (2556) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นกระบวนการหนึ่ง ที่มุ่งการหาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติซึ่งเป็นแนวทางในการศึกษา มาตรฐานการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา โดยมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบหนังสือเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาที่น่าสนใจ การวางแผนการสืบค้น การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล เป็นต้น

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นไปที่การเกิดการเรียนรู้จากการค้นคว้า ทดลองการ ตั้งคำถาม หาเหตุผล และสรุปผลออกมาเองของผู้เรียน โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้ ตลอดจนผู้อำนวยการความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

2. รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ตามขั้นตอนของ สสวท. มุ่งให้ผู้เรียน สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง จะมีกิจกรรมที่สำคัญ คือ การอภิปรายและการทดลอง การอภิปรายจะ เกิดจากกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะฝึกและปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความคิดของตนเอง กล่าวแสดง

ความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็น มีเหตุผล ส่วนการทดลองเป็นหัวใจสำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะเป็นการฝึกฝนหรือทำให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบกฎเกณฑ์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต่อไป เพื่อให้เกิดความเข้าใจในโครงสร้างของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ อาจเขียนเป็นภาพประกอบได้ดังภาพประกอบ 1 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ได้กำหนดรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดระดับสูง และเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาใหม่ของผู้เรียนผ่านการค้นคว้า ทดลอง ศึกษา และสรุปด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดสร้างสรรค์และความแก้ปัญหา โดยใช้ชื่อว่ารูปแบบการจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนประกอบไปด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดการเรียนการสอน รวมถึงให้โอกาสผู้เรียนได้ทำทุกอย่างด้วยตนเอง อาทิเช่น การฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์

ความรู้ โดยครูมีหน้าที่เป็นเพียงผู้ช่วยเหลือ สนับสนุน และควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยมีการกำหนดรายละเอียดแต่ละขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้นไว้ดังต่อไปนี้

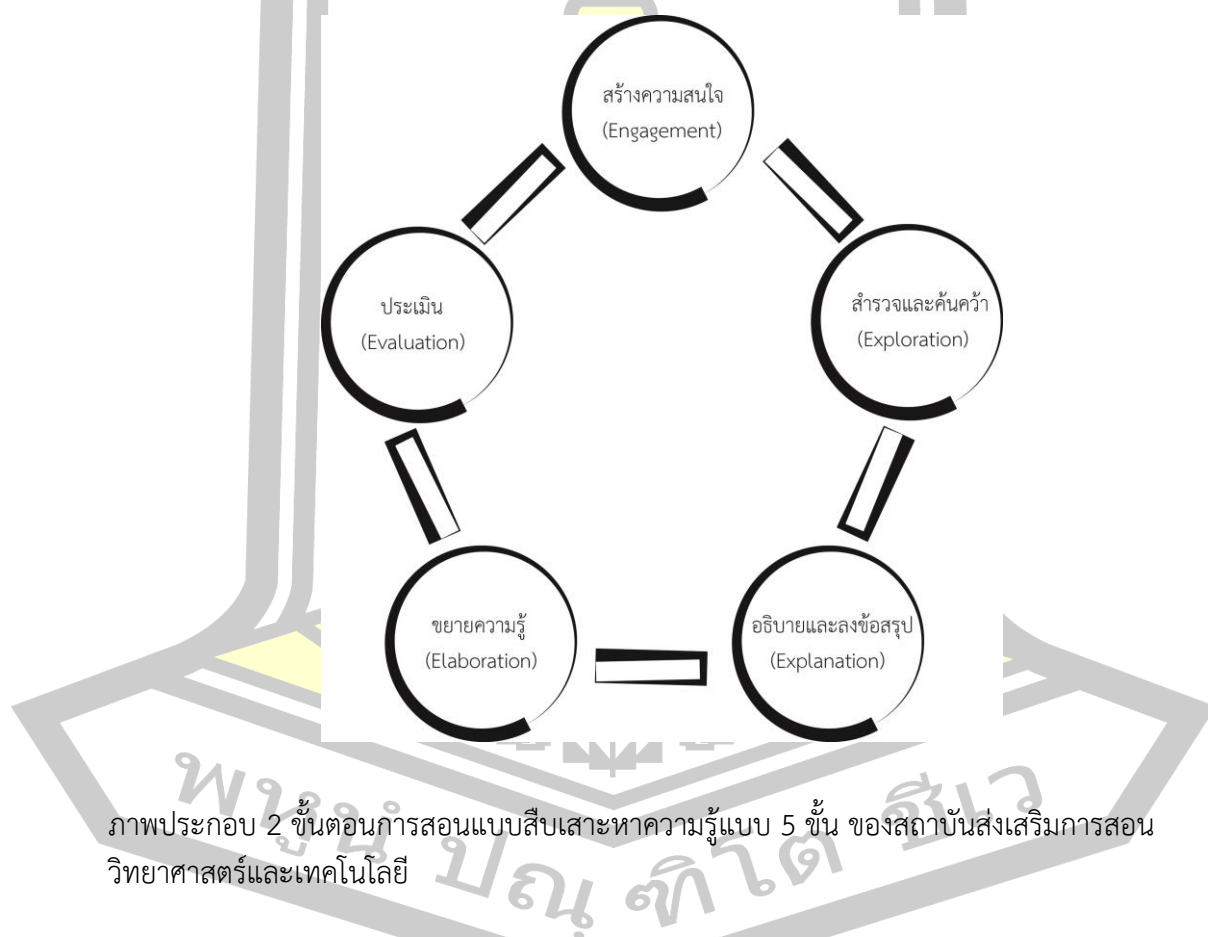
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้เรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากกาอภิปรายภายในกลุ่ม โดยอาจจะใช้เหตุการณ์ที่กำลังโด่งดังอยู่ในขณะนั้น เพื่อมาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความสนใจ และนำไปซึ่งประเด็นปัญหาที่จะทำการศึกษาร่วมกันภายในห้องเรียน และจะต้องได้รับการยอมรับจากนักเรียนทั้งหมดภายในห้องแล้วจึงกำหนดขอบเขต และแจกแจงรายละเอียดของประเด็นดังกล่าวให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจารย์รวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นคว้า (Exploration) เมื่อได้ประเด็นที่จะศึกษา และทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยวิธีการต่างๆ จำเป็นที่จะต้องเกิดขึ้นโดยนักเรียนมีส่วนร่วมให้มากที่สุดส่วนวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลองทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆเช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบาย หรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า Inquiry Cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไปจากขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ข้างต้นสามารถเขียนเป็นภาพประกอบ 2 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)



นักการศึกษาจากกลุ่ม Biological Science Curriculum Society หรือ BSCS (1997) ได้เสนอว่ากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีไว้เพื่อให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ โดยเกิดจากการเชื่อมโยงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ประกอบเข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม เกิดเป็นความรู้หรือแนวคิด

ของผู้เรียนเอง โดยเรียกรูปแบบการสอนนี้ว่า Inquiry cycle หรือ 5Es ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นตอนเริ่มแรกก่อนที่จะจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับเนื้อหา มีจุดประสงค์เพื่อนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนที่จะสอน คือ ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ เกิดการสนใจ ใคร่รู้ในกิจกรรมที่จะนำเข้าสู่บทเรียน นอกจากนั้นควรจะมีการเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ก่อนแล้วเข้ากับปัจจุบัน และควรเป็นกิจกรรมที่คาดว่าจะกำลังจะเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสนใจจดจ่อที่จะศึกษาความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะ และเริ่มคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอด กระบวนการ หรือทักษะกับประสบการณ์เดิม

2) การสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้เรื่องที่คุณสอนเตรียมเนื้อหาเอาไว้ทั้งในส่วนของ กระบวนการ และทักษะ โดยการให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนในการทำกิจกรรม ทดลอง สำรวจและค้นหาสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เรียนแต่ละคน ก่อนที่จะให้ผู้เรียนทุกคน ได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมสำรวจและค้นหาแล้ว ซึ่งผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบหรือเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ เนื้อหาสาระและความคิดรวบยอดของผู้เรียนที่ยังไม่ถูกต้องและยังไม่สมบูรณ์แบบ โดยการเน้นให้ผู้เรียนอธิบายและยกตัวอย่างประสบการณ์ของตนเองที่เกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เรียน ครูผู้สอนควรจะคำนึงถึงความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนไว้เสมอก่อนจะจัดการเรียนการสอน และจัดการห้องเรียนให้เหมาะสมตามความสามารถของห้องเรียน หรือบริบทต่าง ๆ กัน

3) การอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องฝึกฝนการสรุปความรู้ และทักษะต่างๆ ที่ได้เรียนรู้ไปในขั้นของการสำรวจและค้นหา ในขั้นนี้จะเน้นไปที่ฝึกให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นก่อนจะหาข้อสรุปร่วมกันโดยการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ ในขั้นนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมที่ครูผู้สอนควรชี้แนะผู้เรียนเกี่ยวกับการสรุปและการอธิบายรายละเอียดเพื่อให้ได้สาระความรู้และเป็นไปอย่างสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามครูผู้สอนจะต้องคำนึงถึงการจัดการเรียนการสอนทั้งหมดโดยการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถทางด้าน การอธิบาย การสรุป และทักษะต่างๆด้วยตัวผู้เรียนเอง บทบาทหน้าที่ของครูผู้สอนจะเป็นเพียงแต่การคอยช่วยเหลือ และเอื้อให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ดังกล่าว เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสอย่างเต็มที่ในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้ชัดเจน โดยมีจุดประสงค์สุดท้ายในการพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดจากการเชื่อมโยงประสบการณ์ ความรู้เดิมและสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ที่สร้างเองเข้าด้วยกัน

4) การขยายความรู้ (Elaborate) เป็นขั้นตอนในการฝึกให้นักเรียนได้นำเอาทักษะ กระบวนการ และความรู้ต่างๆที่ได้สร้างขึ้นเองมาขยายขอบเขตให้กว้างขึ้นหรือประยุกต์ใช้ให้ เหมาะสมกับสภาพปัญหาหรือบริบทที่พบเจอในชีวิตประจำวัน ในกรณีที่ผู้เรียนไม่เข้าใจหรืออาจยังม ีการสับสนอยู่ ควรให้ประสบการณ์ใหม่ที่ขยายผลจากผลการปฏิบัติก่อนหน้านี้ของผู้เรียน เพื่อให้เกิด การพัฒนาความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและลึกซึ้งยิ่งขึ้น จุดประสงค์หลักของ ขั้นตอนนี้ คือชี้แนะให้ผู้เรียนได้นำเอาความรู้ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียน เกิดความคิดรวบยอด กระบวนการ และทักษะเพิ่มขึ้นจากเดิม

5) การประเมินผล (Evaluate) ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการ อธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง ระหว่างการเรียนการสอนในขั้นนี้ของรูปแบบการสอน ครูต้อง กระตุ้นหรือส่งเสริมให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และยังเปิด โอกาสให้ครูได้ประเมินความรู้ความเข้าใจและพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้วย

ในการนำรูปแบบการสอนนี้ไปใช้ สิ่งที่ครูควรคำนึงถึงไว้ตลอดเวลา คือ การจัดเตรียมกิจกรรม เพราะครูจะต้องจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน และคอยพิจารณา ตรวจสอบบทบาทของครูและผู้เรียนให้เหมาะสมในการปฏิบัติกิจกรรมว่าแต่ละขั้นตอนนี้สอดคล้อง กับรูปแบบการสอน 5Es อย่างไร และนำมาปรับใช้ให้มากที่สุด โดยบทบาทที่ควรทำของครูผู้สอนและ นักเรียนที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1

พหุ ประถมศึกษา

ตารางที่ 1 ขั้นตอนและบทบาทของครูกับนักเรียน

ขั้นตอนการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่นักเรียนควรทำ
สอน 1.การสร้างความสนใจ (Engage)	สร้างความสนใจ	ถามคำถาม
	สร้างความอยากรู้อยากเห็น	แสดงความสนใจ
	ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด	
	ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ	
2.การสำรวจและค้นหา (Explore)	ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ	คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม
	สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน	ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน
	ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน	คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่
	ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ	พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น
	ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็นและลงข้อสรุป
3.การอธิบาย (Explain)	ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง	อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน
	ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง	ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 1 ขั้นตอนและบทบาทของครูกับนักเรียน (ต่อ)

	ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและ ชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ	ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่น ได้อธิบาย
	ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็น พื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือ แนวคิด	ฟังและพยายามทำความเข้าใจ เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ มาแล้ว ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก/ สังเกตในการอธิบาย
4.การขยายความรู้ (Elaborate)	คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการ ชี้บอกส่วน ประกอบต่างๆ ในแผนภาพคำ จำกัดความและการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้ มาแล้ว	นำการชี้บอกส่วนประกอบ ต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัด ความ คำ อธิบายและทักษะ ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์ เดิม
	ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไป ประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะใน สถานการณ์ใหม่	ใช้ข้อมูลเดิมในการถาม คำถามกำหนดจุดประสงค์ การแก้ ปัญหาตัดสินใจ และ ออกแบบการทดลอง
	ให้นักเรียนอธิบายอย่างหลากหลาย หลาก	ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล จากหลักฐานที่ปรากฏ
	ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดง หลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้ อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร(ที่จะนำลวิธี จากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	บันทึกการสังเกตและอธิบาย ตรวจสอบความเข้าใจกับ เพื่อน ๆ

ตารางที่ 1 ขั้นตอนและบทบาทของครูกับนักเรียน (ต่อ)

5.การประเมินผล (Evaluate)	สังเกตนักเรียนในการนำความ คิดรวบยอด และทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้	ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้ การสังเกต หลักฐานและ คำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว
	ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน	แสดงออกถึงความรู้ความ เข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบ ยอดหรือทักษะ
	หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยน ความคิด หรือพฤติกรรมให้นักเรียนประเมิน ตนเองเกี่ยว กับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม	ประเมินความก้าวหน้าด้วย ตนเอง
	ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึง คิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไรนักเรียนเรียนรู้ อะไรเกี่ยว กับสิ่งนั้น และจะอธิบายสิ่งนั้น อย่างไร	ถามคำถามเพื่อให้มีการ ตรวจสอบต่อไป

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาจะทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน เนื่องจากอาศัยการจัดกิจกรรมที่ทำให้ให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น และรู้สึกท้าทายส่งผลให้เกิดการพัฒนาในตัวนักเรียนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558ข) ดังนั้นเพื่อจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มให้ได้รูปกิจกรรมที่สอดคล้องกับรูปแบบดังกล่าว จึงได้มีการนำเอากระบวนการหาความรู้ หรือกระบวนการเรียนรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ในกิจกรรมการเรียนรู้มาปรับใช้ร่วมด้วย เช่นแบบโครงการเป็นฐาน (Project-Based Learning) กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หรือรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เมื่อนำเอารูปแบบดังกล่าวมาจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการนำเอาจุดเด่นของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตาม

สังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) และให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ โดยการจัดการเรียนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมตลอดการเรียนการสอน เพื่อไปแก้ปัญหาในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

การจัดการเรียนรู้ที่มีสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีรูปแบบการเรียนรู้ที่มีส่วนคล้ายคลึงอยู่กับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่มีจุดเด่นตรงที่ผู้เรียนต้องสำรวจ ทดลอง ค้นหาและสร้างองค์ความรู้หรือแนวคิดด้วยตัวผู้เรียนเอง ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการแสวงหาองค์ความรู้ของนักวิทยาศาสตร์โดยที่มีครูหรือผู้สอนเป็นผู้คอยสนับสนุนจัดการเรียนการสอนให้บรรยากาศในห้องเรียนพร้อมที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้ด้วยตัวเองมากที่สุด (สนธิ พลชัยยา, 2557) รวมไปถึงการช่วยเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจ และเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ เรียกได้ว่าทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator)

ณัฐพงศ์ มณีโรจน์ และประสาธ เนืองเฉลิม (2560) ได้เสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาว่าเป็น การใช้การสอนแบบสืบเสาะที่เน้นผู้เรียนเป็นคนหาองค์ความรู้เอง มาจัดการเรียนรู้โดยมีการนำเอา แนวคิดสะเต็มศึกษาไปแทรกในแต่ละขั้นของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หรือกล่าวได้ว่าในขั้นที่ 1-5 ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้มีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการบูรณาการระหว่าง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นของการจัดการเรียนการสอนตามขั้นที่ใจดึงดูดผู้เรียนให้เข้าสู่ห้องเรียน และมีการแทรกการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มเข้าไปคือวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) ขั้นสำรวจและค้นคว้า เป็นขั้นของการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้า ทดลอง สืบค้น เพื่อหาองค์ความรู้ และมีการแทรกการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มเข้าไปคือ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม
- 3) ขั้นอธิบาย เป็นขั้นของการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนนำความรู้มาลงข้อสรุปเพื่อทำการอธิบาย และมีการแทรกการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มเข้าไปคือวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
- 4) ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นของการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนทำการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ค้นคว้า และมีการแทรกการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มเข้าไปคือวิชาวิทยาศาสตร์
- 5) ขั้นประเมิน เป็นขั้นของการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนทำการประเมินการเรียนรู้อย่างด้วยตนเอง

โดยเน้นกิจกรรมที่ต้องอาศัยการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยพบว่าข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบนี้คือ

1. ตัวนักเรียนเกิดความสนใจ ตื่นตัวในการทำกิจกรรม เพราะกิจกรรมต่างๆที่ถูกจัดขึ้นเป็นการท้าทายความสามารถของผู้เรียน
2. ตัวนักเรียนมีอิสระในการค้นหาข้อมูล เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกรับข้อมูลได้ด้วยตนเอง จากการค้นคว้าจากหนังสือ ใบความรู้หรือ แหล่งเรียนรู้ออนไลน์
3. มีอิสระในการแสดงออก และการแสดงความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มของตนเอง และการนำเสนอข้อมูลในชั้นเรียน
4. สามารถใช้ข้อมูลทฤษฎี มาออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงาน เนื่องจากการบูรณาการความรู้ข้ามกลุ่มสาระวิชาระหว่าง 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเอาความรู้ทุกแขนงวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา ที่ตนเองระบุเมื่อเจอสถานการณ์ตัวอย่าง และออกแบบ สร้างชิ้นงานสิ่งประดิษฐ์ของกลุ่มตนเองขึ้นมา
5. มีการยอมรับในการตัดสินใจของเพื่อนร่วมกลุ่ม และร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมายอย่างตั้งใจ มีการช่วยเหลือกันทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มในการสร้างชิ้นงานเพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย มีความกล้าที่จะพูดอธิบาย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม และสามารถนำเสนอผลงานอย่างมีเหตุผล

Dass (2017) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงที่มาจากปฏิบัติจริง และได้ฝึกกระบวนการคิดแบบนักวิทยาศาสตร์มีการลองผิดลองถูกมีการทดลองก่อนที่จะปรับปรุงชิ้นงานก่อนที่จะมีการเชื่อมโยงตัวต้นแบบกับในชีวิตจริงของผู้เรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 5E เป็นหลักพร้อมกับการบูรณาการแนวคิดของสะเต็มศึกษาให้เข้าไปในขั้นของการขยายความรู้ และขั้นการประเมินดังนี้

1. ขั้นการนำเข้าบทเรียน ในขั้นนี้จะถูกเริ่มต้นด้วยคำถาม และการระบุประเด็นปัญหา
2. ขั้นค้นคว้า ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำการค้นคว้า ศึกษาเกี่ยวกับประเด็นปัญหาจากนั้นทำการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทดลองโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์หลักๆ คือการรวบรวมข้อมูล การค้นคว้า และการทดลอง

3. ขั้นการอธิบาย ในขั้นนี้เป็นการนำเอาความรู้ รวมถึงข้อมูลต่างๆจากขั้นที่ 2 มาทำการอภิปรายกันในกลุ่ม และสรุปความรู้ โดยอาศัยคำถามหรือคำแนะนำจากผู้สอน เป้าหมายหลักคือให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ หรือความเข้าใจของตนเองขึ้นมา

4. ขยาย ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้รับสถานการณ์ใหม่เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแก้ปัญหาใหม่จากการใช้ความรู้ที่ได้สรุปไว้

5. ขั้นการประเมิน เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะถูกประเมินโดยการตรวจสอบประสิทธิภาพการเรียนรู้ซึ่งสามารถทำได้หลากหลายวิธี หรือการประเมินจะถูกทำพร้อมๆ กับขั้นที่ 4 ก็ได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับการออกแบบบทเรียนและบริบทในแต่ละครั้ง

นัสนิทร ปือชา (2558) ให้ผู้เรียนใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือปัญหาที่นักเรียนสนใจ เป็นตัวกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนต้องคิดหาทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นโดยการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เน้นให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นการสร้างความสนใจ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนยกสถานการณ์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นและให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงหนทางในการแก้ปัญหาในประเด็นปัญหาที่ครูยกตัวอย่าง ซึ่งถือเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากเรียนรู้เนื่องจากเป็นประเด็นปัญหาใกล้ตัวของนักเรียนที่จากนักเรียนสังเกต การรับฟังข่าวสารทั้งช่องทางสังคมออนไลน์ และจากครอบครัว ชุมชน หรือคนในครอบครัว จากประเด็นปัญหาในเรื่องที่เกี่ยวกับพืช เมื่อนักเรียนสามารถตั้งประเด็นปัญหาเป็นรายบุคคลแล้ว ทำการจดบันทึกถึงประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจ และอยากแก้ปัญหานั้นตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2) ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่มีการร่วมกันเสนอความคิดเห็นปรึกษาหารือร่วมกันในสมาชิกในกลุ่มถึง การคิดหาวิธีการในการแก้ปัญหาดังกล่าวตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งในขั้นตอนนี้ทำให้นักเรียนได้รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ คือ เริ่มตั้งแต่การตั้งประเด็นปัญหา การหาวิธีการแก้ปัญหา การคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหา และลงมือแก้ปัญหา

3) ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ในขั้นตอนนี้เมื่อนักเรียนออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม จากการที่นักเรียนได้นำความรู้ทั้ง 4 สาขา ที่ได้จากขั้นค้นหาและ

สำรวจแต่ละกลุ่ม โดยขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนฝึกฝนทักษะการนำความรู้ไปประยุกต์
แก้ปัญหาในชีวิตจริง

4) ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) แต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน โดยนักเรียนสามารถที่จะแสดงความคิดเห็น
สอบถามสิ่งที่ค้นพบ และอธิบายเหตุผลของการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมได้อย่างเสรี จากนั้นเมื่อทุก
กลุ่มได้รับข้อเสนอแนะ แต่ละกลุ่มจะร่วมกันระดมความคิดถึงชิ้นงานของตนเองอีกครั้ง

5) ขั้นการประเมิน (Evaluation) นักเรียนจะนำเอาชิ้นงานหรือนวัตกรรมตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษา มานำเสนอในรูปของการจัดแสดงผลงานนิทรรศการของโรงเรียน ซึ่งในการ
นำเสนอผลงานนี้ทำให้นักเรียนพบว่าความรู้ที่นักเรียนค้นพบจากการชิ้นงานหรือนวัตกรรมตาม
แนวทางสะเต็มศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

จากการศึกษาและพบข้อมูลดังที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ
สืบเสาะหาความรู้นั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องและคล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา ในงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ตามแนวทางสะเต็มศึกษาคือ การจัดการเรียนรู้โดยการใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็น
กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นไปที่การเกิดการเรียนรู้จากการค้นคว้า ทดลองการตั้ง
คำถาม หาเหตุผล และสรุปผลออกมาเองของผู้เรียน โดยมีผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้
ตลอดจนผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยได้มีการแทรกการบูรณาการระหว่าง 4
วิชาคือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาเข้าไป
ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนสอน ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

1. ขั้นสร้างความสนใจเป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้เรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจ
เกิดขึ้นเองจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเหตุการณ์ที่กำลังเป็นที่สนใจในช่วงเวลานั้น
2. ขั้นสำรวจและค้นคว้าเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำการสำรวจตรวจสอบ ทดลอง ค้นหา
ความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้วางแผนแนวทางของเนื้อหา และผู้ช่วยเหลือ
เพิ่มเติมความรู้ให้กับผู้เรียน มีการแทรกแนวทางของสะเต็มศึกษาเข้าไปในการบูรณาการระหว่าง
วิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์จากการทำใบกิจกรรม
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่มีเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการ
ทดลอง การค้นคว้า หรือสำรวจ จากขั้นที่ 2 และบันทึกลงเป็นข้อสรุปของตนเอง โดยมีครูเป็นช่วย
เพิ่มเติมและตรวจสอบ

4. **ขั้นขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำองค์ความรู้ แนวคิด หรือข้อสรุปที่มีมาขยายผลโดยการ ค้นคว้า ออกแบบ และสร้างแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ขึ้นมา มีการแทรกแนวคิดของสะเต็มศึกษาเข้าไปในโดยการบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม จากการออกแบบ และสร้างชิ้นงาน
5. **ขั้นประเมิน** เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินตัวเอง และประเมินเพื่อน ภายในชั้นเรียนจากการนำเสนอชิ้นงานที่สร้างในขั้นที่ 4

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

อรุณี รัตนวิจิตร (2543) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดหรือกระบวนการคิดพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งในการพิจารณากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นสามารถทำได้โดยอาศัยแนวทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

วนิดา ปานโต (2543) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการใช้สติปัญญาในการคิดพิจารณา ไตร่ตรองอย่างสุขุม รอบคอบ มีเหตุผล มีการประเมินสถานการณ์ เชื่อมโยงเหตุการณ์ สรุปความ ตีความ โดยอาศัยความรู้ ความคิดและประสบการณ์ของตนในการสำรวจหลักฐานอย่างละเอียดเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวใช้ทักษะความรู้ความสามารถพื้นฐาน 5 ด้าน คือ การนิยามปัญหา การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดและเลือกสมมติฐานและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

สุนันทา สายวงศ์ (2544) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของตนเองในการพิจารณาหลักฐานและข้อมูลต่างๆ เพื่อไปสู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล

นवलลอ ทินานนท์ (2545) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เกี่ยวกับข้อมูลที่คลุมเครือ สภาพที่ปรากฏ โดยหาหลักฐานนำไปสู่การตัดสินใจว่าควรเชื่อหรือทำตามสิ่งใดหรือไม่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องอาศัยทักษะและกระบวนการคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจความหมายและตีความนำไปสู่การเชื่อมโยงเหตุผลต่าง ๆ จนได้ข้อสรุป

จිරนันท์ วัชรกุล (2546) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิด ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักฐานประกอบด้วยสิ่งที่จะคิด จุดมุ่งหมายในการคิดและกระบวนการคิด

พรศรี ดาวรุ่งสุวรรณค์ (2548) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิด พิจารณาสืบหาสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างละเอียดรอบคอบ ไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล เพื่อหา ข้อสรุปที่ดีที่สุดและเป็นไปได้มากที่สุด โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ การระบุปัญหา การ ตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลองและขั้นสรุปผลการทดลอง

สาวิตรี เครือใหญ่ (2548) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล โดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์และความสมบูรณ์ของข้อมูล หรือวิเคราะห์จากร่องรอยหลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้ อย่างมีหลักเกณฑ์และมีประสิทธิภาพ แล้วจึงลงความเห็นหรือประเมินข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล หรือตัดสินใจคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ

จากความหมายที่นักวิจัยได้ให้ไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าความหมายของการคิดอย่าง มีวิจารณญาณคือ กระบวนการคิดพิจารณา ไตร่ตรอง จากการใช้สติปัญญา รวมไปถึงการรวบรวม ข้อมูล การระบุปัญหาและนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดระเบียบก่อนจะวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปที่ สมเหตุสมผลมากที่สุดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของนักการศึกษาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ มีดังนี้

Dressel and Mayhew (1957) ได้เสนอว่าองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมี ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการกำหนดปัญหา หรือ การกำหนดข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ให้ชัดเจน รวมไปถึงนำมาระบอบองค์ประกอบ จัดองค์ประกอบให้เป็น ลำดับขั้น
2. ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหาเป็น การตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและเลือกข้อมูลที่ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น
3. ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล เป็นการจำแนกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้กับ แหล่งข้อมูลที่เชื่อถือไม่ได้ ระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับ จัดระบบข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ และการเลือก

ข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้

4. ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน เป็นการเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดพิจารณาเป็นอันดับแรก โดยกำหนดจากความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูล

5. ความสามารถในการสรุปและตัดสินใจ เป็นการพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการข้อมูลที่นำไปสู่การตัดสินใจสรุป

Watson and Glaser (1964) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. เจตคติ หมายถึง ความสนใจในการแสวงหาความรู้ ความสามารถในการพิจารณาปัญหาตลอดจนมีนิสัยในการค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริง

2. ความรู้ หมายถึง ความสามารถในการอนุมาน การสรุปใจความสำคัญ และการสรุปเป็นกรณีทั่วไป โดยพิจารณาจากหลักฐานและการใช้หลักตรรกวิทยา

3. ทักษะ หมายถึง ความสามารถที่จะนำทั้งเจตคติและความรู้ไปประยุกต์ใช้พิจารณาตัดสินปัญหา สถานการณ์ ข้อความหรือข้อสรุปต่างๆ

Decaroli (1973) มีความเห็นว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยาม เป็นการกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำและข้อความและการกำหนดเกณฑ์

2. การแสวงหาหลักฐาน การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หาทางเลือกและการพยากรณ์

3. การประมวลผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องหาหลักฐาน และจัดระบบข้อมูล

4. การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน

5. การใช้เหตุผล โดยระบุเหตุและผล ความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์

6. การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์ การกำหนดความสมเหตุและสมผล

Watson (1964) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การอุปนัย

2. การระบุสมมติฐาน

3. การนิรนัย

4. การสรุปโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล

5. การประเมินข้อโต้แย้ง

Robert H. Ennis (1985) เห็นว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทักษะการนิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป ระบุเหตุผล ทั้งที่ปรากฏ และไม่ปรากฏ การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้น
2. ทักษะการตัดสินข้อมูล ได้แก่ การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา การพิจารณาความสอดคล้อง
3. ทักษะการอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่ การอ้างและตัดสินใจในการสรุปแบบอุปนัย การนิรนัยโดยมีความตรง การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่างน่าเชื่อถือ

นิพนธ์ วงศ์เกษม (2534) เห็นว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. การรู้จักแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น
2. การรู้จักพิจารณาประเด็น
3. การรู้จักพิจารณาข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งที่คลุมเครือ
4. การรู้จักข้อมูลที่แสดงถึงอคติ ความลำเอียง การโฆษณาชวนเชื่อ
5. การรู้จักแยกสิ่งที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลหรือความคิดเห็น
6. การรู้จักพิจารณาความน่าเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
7. การรู้จักพิจารณาเหตุผลที่ผิดๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น
8. การรู้จักสรุปข้อความจากข้อมูลที่มีอยู่

จากการศึกษาองค์ประกอบของจากกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญหลายท่านที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้พบว่าองค์ประกอบที่เข้ากับบริบทปัญหาของห้องเรียนมากที่สุดคือ องค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Dressel และ Mayhew โดยมี องค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา
2. ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา
3. ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล
4. ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน
5. ความสามารถในการสรุปและตัดสินใจ

3. ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสำคัญในการสรุปความ หรือสรุปปัญหาจากสถานการณ์ หรือเงื่อนไขที่มีให้ โดยลักษณะของการมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะแสดงออกมาในพฤติกรรมต่างๆ ที่มีลักษณะของการแสดงออกตามที่นักวิชาการทางการศึกษาหลายๆ ท่านได้กล่าวไว้ดังต่อไปนี้

จินดา แก้วคงดี (2542) กล่าวสรุปว่า ผู้ที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา นั้นควรมีลักษณะที่สามารถวัดได้ ดังนี้

1. ด้านการระบุปัญหา คือสามารถพิจารณาสถานการณ์แล้วกำหนดปัญหาได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และเป็นไปตามหลักเหตุผล
2. ด้านการรวบรวมข้อมูลและพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล คือ บุคคลที่สามารถสังเกต วินิจฉัย ความน่าเชื่อถือของที่มาได้
3. ด้านการตั้งสมมติฐาน คือ บุคคลที่สามารถบอกสาเหตุเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหา
4. ด้านการลงข้อสรุป คือ บุคคลที่สามารถตัดสินใจสรุปข้อมูลอย่างถูกต้องอย่างมีเหตุผล
5. ด้านการประเมิน คือ บุคคลที่สามารถพิจารณาตัดสินยืนยันว่าข้อใดเป็นการสนับสนุนข้อสรุป
6. ด้านประโยชน์และการประยุกต์ใช้ คือ บุคคลที่สามารถนำแนวคิดที่ได้จากสถานการณ์ไปคิดแก้ปัญหาหรือคิดที่จะนำไปประยุกต์ใช้

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ (2544) กล่าวว่า ความสามารถของผู้ที่คิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องมีลักษณะสำคัญอันดับแรก คือ

1. มีการตั้งคำถามที่ชัดเจน
2. มีความสนใจใฝ่รู้และต้องการคิดค้นหาคำตอบที่ถูกต้อง มีการเสาะแสวงหาข้อมูลรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาพิจารณาหาข้อสรุป
3. สามารถวิเคราะห์ข้อสันนิษฐานความเห็นต่าง ๆ ประเมินข้อถกเถียงได้ ดีความที่เป็นไปได้หลายๆ ทางตัดสินใจและหาข้อสรุปบนพื้นฐานของเหตุผลและข้อเท็จจริง เพื่อใช้ในการตัดสินใจไม่ใช่อคติหรืออารมณ์ในการตัดสินใจ

4. ยอมรับฟังความคิดของผู้อื่น พร้อมทั้งสามารถเปลี่ยนจุดยืน หรือเปลี่ยนข้อสรุป ได้ตลอดเวลาเมื่อได้ข้อมูลเพิ่มเติม หรือข้อมูลที่ถูกต้อง สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ได้เสนอลักษณะของความสามารถของบุคคลที่มีการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณได้ดังต่อไปนี้

1. มีความสามารถในการบ่งชี้ประเด็นปัญหาที่พบเจอได้
2. สามารถยอมรับข้อตกลงเบื้องต้นของเหตุการณ์ได้
3. มีความสามารถในการประเมิน จากการดูพยานหลักฐานหรือข้อมูลได้ โดย พิจารณาจากหลักของความสมเหตุสมผลดังต่อไปนี้

- 3.1 รู้ลักษณะประจำของบางสิ่งบางอย่าง จำนวนบางอย่าง
- 3.2 รู้องค์ประกอบที่ใช้ความรู้สึกหรือความลำเอียง
- 3.3 รู้จักจำแนกข้อมูลที่จริงและไม่จริงได้
- 3.4 รู้ความเพียงพอของข้อมูล
- 3.5 รู้จักพิจารณาตัดสินว่าข้อเท็จจริงใดเป็นการสนับสนุนข้อสรุป
- 3.6 จำแนกระหว่างหลักฐานที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องได้
- 3.7 ตรวจสอบความสอดคล้องหรือความคงที่ของหลักฐานได้

4. ลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้องมีเหตุผลสมควร

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ได้เสนอว่าบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณจะแสดง ออกมาเป็นลักษณะที่สามารถสังเกตได้ ดังต่อไปนี้

1. เปิดใจยอมรับความคิดใหม่ ๆ ไม่ยึดติดกับจุดยืนของตน
2. ไม่ได้แย้งในเรื่องใด ๆ อย่างไม่รู้เหตุผล
3. ทราบว่าเมื่อไรที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเพิ่มเติม หรือข้อมูลใดที่มีประโยชน์
4. จำแนกข้อมูลที่อาจจะเป็นจริงได้
5. ยอมรับว่าคนเราเข้าใจความหมายของคำแตกต่างกัน
6. พยายามหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการให้เหตุผล
7. พยายามถามทุกสิ่งที่ไม่เข้าใจ
8. พยายามใช้เหตุผลช่วยในการตัดสินใจ
9. พยายามคิดคำใหม่ ๆ และเสนอความคิดของตนเองให้ผู้อื่นฟัง

สัณห์วัช สอนท่าโก (2550) ได้เสนอว่าบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะแสดงออกมาเป็นลักษณะที่สามารถสังเกตได้ ดังต่อไปนี้

1. ตั้งคำถามหรือการค้นหาข้อมูลจากเนื้อเรื่อง
2. การหาเหตุผล
3. การแสดงออกอย่างมีเหตุผล
4. การอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้
5. การทำความเข้าใจเรื่องราวกับสถานการณ์ปัญหา
6. การบอกถึงใจความสำคัญ
7. การจดจำความรู้พื้นฐาน
8. การสร้างตัวเลือก
9. การเปิดใจกว้าง
10. มีจุดยืนและเปลี่ยนแปลงจุดยืนได้ถ้ามีหลักฐานและเหตุผลเพียงพอ
11. หาเหตุผลให้ได้มากที่สุดเพื่อความถูกต้อง
12. ดำเนินการอย่างมีระเบียบในแต่ละส่วนของทั้งหมด
13. นำความสามารถ (Abilities) ทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาใช้
14. เปิดใจกว้างยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

จิสระ ว่องไววิริยะ (2556) ได้เสนอว่าบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะแสดงออกมาเป็นทักษะที่สามารถสังเกตได้ ประกอบด้วย 14 ทักษะดังต่อไปนี้ คือทักษะการตรวจสอบ

1. การเฝ้ารู้
2. การทำให้ข้อมูล/ปัญหากระจ่าง
3. การจัดระบบข้อมูล
4. การให้เหตุและผล
5. การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
6. การคิดวิเคราะห์รอบคอบ
7. การแจกแจงข้อสรุป ตามหลักเหตุผล
8. การเปรียบเทียบ
9. การตั้งข้อสมมติฐาน
10. การทำนาย

11. การประเมิน

12. การสังเคราะห์

Dressel and Mayhew (1957) ได้เสนอว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ 5 ด้าน คือ

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วยความสามารถย่อยอีก 2 ความสามารถคือ

1.1 ความสามารถในการรู้ปัญหา ได้แก่ การรู้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหานั้นๆ รู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์ ระบุจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดเหตุการณ์ การล่วงรู้ถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ และการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่ได้แก้ไข

1.2 ความสามารถในการนิยามปัญหา ได้แก่ ความสามารถที่สามารถระบุได้ว่าปัญหาที่พบเจอเป็นปัญหาประเภทใด มีธรรมชาติอย่างไร รวมถึงแนวทางในการแก้ปัญหาจะเป็นไปในทิศทางใด อีกทั้งยังสามารถนิยามองค์ประกอบของปัญหา และสามารถจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อน ออกเป็นส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ เพื่อการมองเห็นปัญหาที่ยุ่ยากเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ สามารถระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา และจัดองค์ประกอบที่ไม่สำคัญออกให้เป็นลำดับขั้นตอน

2. ความสามารถในการจำแนกข้อมูล คือ ความสามารถในการตัดสินใจว่า ข้อมูลใดที่มีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา รวมไปถึงวิธีการที่จะได้มาซึ่งข้อมูล หรือการรวบรวมข้อมูล รวมไปถึงความสามารถในการระบุว่าข้อมูลที่มีข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่ยอมรับ การเลือกตัวอย่างของข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ตลอดจนการจัดระบบระเบียบข้อมูล

3. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น คือความสามารถในการระบุว่าข้อความที่ให้เป็นข้อตกลงเบื้องต้นตามที่ผู้อ้างเหตุผลได้กล่าวไว้หรือไม่ โดยทำการพิจารณาจากข้อความเกี่ยวข้องกับการอ้างเหตุผลในสถานการณ์ต่างๆ

4. ความสามารถในการกำหนดสมมติฐาน คือ การกำหนดสมมติฐานต่าง ๆ โดยอาศัยจากข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น และเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก ก่อนจะทำการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบ หรือจากปัญหาที่ยังไม่ได้คำตอบ

5. ความสามารถในการสรุปความอย่างสมเหตุสมผล และการตัดสินใจด้วยความสมเหตุสมผลของโดยใช้ความสามารถตามหลักการคิดหาเหตุผล ซึ่งประกอบด้วย 3 ทักษะได้แก่

1. ความสามารถในการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้นสมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นและเงื่อนไขเพียงพอ ความสามารถในการระบุและกำหนดข้อสรุป

2. ความสามารถในการพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป ได้แก่

2.1 ตัดสินหาข้อสรุปโดยอาศัยค่านิยม

2.2 การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผล ออกจากการใช้ความพึงพอใจ และความลำเอียง

2.3 การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่ต้องมีข้อสรุปที่แน่นอน ออกจากการหาข้อสรุปที่ไม่สามารถหาข้อยุติลงได้

3. ความสามารถในการประเมินข้อสรุป ได้แก่ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุปที่มีความชัดเจน และครอบคลุม การระบุได้ว่าเงื่อนไขใดที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถสรุปออกมาได้ และการตัดสินว่าข้อสรุปที่สรุปความออกมาเพียงพอที่จะเป็นคำตอบของปัญหา

Ennis (1985) ได้เสนอว่าบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะแสดงออกมาเป็นลักษณะที่สามารถสังเกตได้ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา

2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3. ความสามารถในการถามด้วยคำถามที่ทำทหายและตอบคำถามได้อย่างชัดเจน ครอบคลุม รวมถึงถูกต้องตามหลักเหตุผล

4. ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล

5. ความสามารถในการสังเกต และตัดสินผลข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า

6. ความสามารถในการนิรนัย

7. ความสามารถในการอุปนัย

8. ความสามารถในการประเมินข้อสรุปจากการพิจารณาทางเลือก และใช้หลักเหตุผลตามหลักวิทยาศาสตร์มาประกอบเพื่อตัดสินใจระหว่างผลดี ผลเสียก่อนทำการตัดสินใจ

9. ความสามารถในการให้ความหมาย และตัดสินว่าความหมายใดถูก
10. ความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐานที่เหมาะสม
11. ความสามารถในการตัดสินใจ
12. ความสามารถในการสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นโดยเฉพะการทำงานใน

กลุ่มเดียวกัน

จากการศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือบุคคลที่มีความสามารถในการไตร่ตรองจากการใช้สติปัญญา รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูล การระบุปัญหา และนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดระเบียบก่อนจะวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลมากที่สุดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

อรปวีณ์ สุตะพาหะ (2546) ได้เสนอการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณว่ามีหลักการดังนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ข้อความหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่เป็นปัญหา แล้วสามารถบอกลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และการนิยามปัญหานั้นมีความสำคัญมากสำหรับการอ่านและการฟังเรื่องราวต่างๆ
2. ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณาและเลือกข้อมูลเพื่อนำมาแก้ไขปัญหได้อย่างถูกต้อง การพิจารณาความเพียงพอของข้อมูล การจัดระบบข้อมูล และความสามารถนี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการคิดที่จะใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ และมีผลกับความสามารถในการมองเห็นว่าอะไรคือปัญหาที่แท้จริง
3. ความสามารถในการตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้นเป็นความสามารถในการพิจารณาแยกแยะข้อความใดเป็นข้อความเบื้องต้นและข้อใดไม่ใช่ข้อความเบื้องต้นของข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้ว ความสามารถนี้มีความสำคัญเพราะว่าทำให้เห็นความแตกต่างของข้อมูลเพื่อลงความเห็นว่าควรจะยอมรับหรือไม่
4. ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐานเป็นความสามารถในการกำหนดหรือเลือกสมมติฐานจากข้อความหรือสถานการณ์ให้ตรงกับปัญหาในข้อความหรือสถานการณ์นั้นๆ ความสามารถนี้มีความสำคัญเพราะทำให้มีความรอบคอบและความพยายามในการคิดถึงความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาหรือความเป็นไปได้ของสมมติฐาน

5. ความสามารถในการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผลเป็นความสามารถในการคิด

พิจารณาข้อความที่เป็นเหตุเป็นผลกันโดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุนั้นทั้งหมดเพื่อลงสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลความสามารถนี้มีความสำคัญเพราะทำให้สามารถลงความเห็นตามความเป็นจริงของหลักฐานหรือข้อมูลที่มีอยู่

สำราญ ดวงตาน้อย (2557) ได้ใช้แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking test) ในงานวิจัยโดยการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณในครั้งนี้ได้ใช้เพื่อทดสอบวัดความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง(Inference) หมายถึงความสามารถในการตัดสินใจจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่าข้อสรุปใดเป็นจริงหรือข้อสรุปใดเป็นเท็จ
2. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumptions) หมายถึงความสามารถ ในการจำแนกว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้น
3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction)หมายถึงความสามารถในการหาข้อสรุปจากประโยคที่อ้างโดยอาศัยเหตุผลจากส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อยซึ่งข้อสรุปที่ได้จำเป็นต้องสมเหตุสมผล
4. ความสามารถในการตีความ (Interpretation)หมายถึงความสามารถในการลงความเห็นและอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุป
5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) หมายถึงความสามารถในการ ให้เหตุผลเพื่อตัดสินข้อสรุปหรือข้อโต้แย้งและอ้างเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล

กฤษณา โลหการก (2560) ได้ใช้แบบทดสอบการคิดแบบมีวิจารณญาณไว้โดยใช้แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดพื้นฐานของ เอนนีส, เควล์มอลล์, สเติร์นเบอร์กและบาร์อน, ดีคาโรลี และนิตเลอร์ โดยแบบทดสอบวัดความคิดแบบมีวิจารณญาณต้องคำนึงถึงหลักการดังนี้

1. ต้องมีองค์ประกอบของความคิดแบบมีวิจารณญาณครบถ้วนจึงสามารถวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ตรงความต้องการ
2. กำหนดองค์ประกอบของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ต้องการพัฒนาให้ครอบคลุม
3. กำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเลือกสถานการณ์ข่าวที่ต้องใช้วิจารณญาณในการรับข้อมูลข่าวสารและสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบโดยลักษณะสถานการณ์ สภาพปัญหา จะอยู่ในรูปแบบความเรียงสั้นๆ ที่ได้มาจาก

บทความ รายงานต่างๆ บทสนทนาที่พบในชีวิตประจำวัน หรือใช้สถานการณ์จำลอง โดยคำตอบอาจเป็นข้อสรุปของสถานการณ์ หรือปัญหานั้น

อภิชาติ พัทฒนิ (2557) ได้ทำการพัฒนาแบบวัดการคิดแบบมีวิจารณญาณขึ้นตามแนวทางแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของคอร์เนล (Cornell Critical Thinking Test) มีลักษณะเป็นแบบทดสอบรายบุคคลเชิงสถานการณ์จำลอง โดยแบบทดสอบ 1 ชุด จะประกอบด้วยสถานการณ์ย่อย 4 สถานการณ์ เพื่อวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งประกอบด้วย

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย
2. การสังเกตและประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย
4. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

จากการศึกษาเรื่องการวัดการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถทำได้โดยการใช้แบบทดสอบที่มีการกำหนดด้านต่างๆ ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนที่จะทำการวัด และกำหนดสถานการณ์ให้กับผู้ถูกทดสอบ

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการสรุปได้ว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณคือความสามารถในการไตร่ตรองจากการใช้สติปัญญา รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูล การระบุปัญหาและนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดระเบียบก่อนจะวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลมากที่สุดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้จากเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็น 4 ตัวเลือกจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยประกอบด้วย 5 ด้านดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการระบุปัญหา กำหนดประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้
2. ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล เป็นความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญและมีประโยชน์ในการหาคำตอบของปัญหา รวมไปถึงการคัดเลือกกว่าข้อมูลใดที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง
3. ความสามารถในการจำแนกข้อมูล เป็นความสามารถในการจำแนกข้อมูล คัดเลือก และระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับแล้วเลือกข้อมูลที่เชื่อถือได้

4. ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน เป็นความสามารถในการสร้างหรือเลือกสมมติฐานที่มีแนวโน้มความเป็นไปได้มากที่สุด โดยการตรวจสอบที่ละเอียดรอบคอบและความสมเหตุสมผลกับข้อมูล

5. ความสามารถในการสรุปและตัดสินใจ เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินสรุปความออกมาอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยกระบวนการคิดพิจารณาข้อความที่เป็นเหตุเป็นผลกัน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจสรุป

โดยสามารถวัดได้จากแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยกำหนดสถานการณ์ทั้งหมด 4 สถานการณ์ให้ผู้ทำแบบทดสอบทำการตอบคำถามโดยแบ่งเป็น 5 ด้านในแต่ละสถานการณ์ รวมเป็นทั้งหมด 20 ข้อ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้สอน ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึงผลของการสะสมความรู้ความสามารถในการเรียนทุกด้านเข้าไว้ด้วยกัน

ไพรัตน์ คำปา (2541) ได้กล่าว ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการเรียนการสอน ทั้งด้านความรู้และทักษะที่เกิดหลังการได้รับการฝึกอบรมหรือการสอน

บังอร ภัทรโกมล (2541) ได้กล่าวไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สมรรถภาพทางสมองและสติปัญญา เช่น ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องต่างๆ ที่เรียนไปแล้วอย่างน้อยเพียงใด โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ซึ่งวัดภายหลังการเรียนและจะต้องวัดตามจุดประสงค์ของวิชา และเนื้อหาที่สอน ซึ่งวัดจากคะแนนที่นักเรียนตอบแบบทดสอบ

บุญฤดี แซ่ลือ (2545) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่ง สิ่งใดได้จากที่ไม่เคยกระทำได้หรือได้น้อย ก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

นันทกา แสนคำภา (2550) ได้กล่าวไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอนทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัยซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงการวัดผลเพื่อดูพฤติกรรมต่างๆ ของนักเรียน ตามที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ของการเรียนการสอนว่ามากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งเป็นผลจากการได้รับการฝึกฝน อบรม ในช่วงที่ผ่านมา

กรรณิกา ชันธบัณฑิต (2551) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่ามีวิธีการที่สามารถวัดได้ 2 แบบด้วยกันคือ

1. การวัดด้านปฏิบัติการ เป็นการตรวจวัดระดับความสามารถในการปฏิบัติ หรือ ทักษะในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นในห้องเรียน

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจวัดระดับความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหา ความรู้ ความเข้าใจ ในรายวิชาที่มาจากประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนรวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ โดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) ได้กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าเป็นการตรวจสอบความสามารถของสมรรถภาพทางสมองของบุคคลว่าเรียนรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใด มากน้อยเท่าใด หรือกล่าวได้ว่าการวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจวัดพฤติกรรมของนักเรียนในด้านพุทธิพิสัยที่มีองค์ประกอบตามจุดมุ่งหมาย จุดประสงค์และลักษณะในรายวิชาที่เรียน แบบทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือแบบที่ครูสร้างขึ้นเอง และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานรูปแบบของแบบทดสอบที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ

1. ด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถทางการปฏิบัติจากการที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงให้เห็นเป็นผลงานปรากฏ หรือพฤติกรรมออกมา สามารถทำการสังเกตและวัดได้จากการใช้แบบทดสอบที่เรียกว่า ข้อสอบภาคปฏิบัติ (Performance) ซึ่งเป็นการประเมินผลพิจารณาที่วิธีปฏิบัติ (Procedure) และผลงานที่ปฏิบัติ

2. วัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความเข้าใจ และความสามารถที่เกี่ยวกับเนื้อหา ความรู้ในรายวิชานั้นๆ รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ อื่นๆที่มีผลมาจากการเรียนการสอน วัดได้จากการใช้แบบทดสอบ 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

2.1 การสอบแบบปากเปล่า คือการสอบแบบที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ถ้อยคำในการตอบคำถาม รวมทั้งการแสดงความคิดเห็น หรือแสดงบุคลิกต่างๆ ส่วนใหญ่จะทำการทดสอบเป็นรายบุคคลดังนั้นการสอบปากเปล่าจึงสามารถสอบวัดได้อย่างละเอียดลึกซึ้ง และคำถามก็สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้ตามที่ต้องการซึ่งเป็นการสอบที่ต้องการดูแลเฉพาะอย่าง เช่นการสอบปริญญาณิพนธ์ที่ต้องการวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำแบ่งเป็น

2.2 แบบเขียนตอบ คือรูปแบบการสอบที่มักสร้างขึ้นมากเพื่อแก้ปัญหาการสอบปากเปล่าเนื่องจากจำนวนของนักเรียนที่มีมาก และมีเวลาที่จำกัด มี 2 ลักษณะคือ

1. แบบไม่จำกัดคำตอบ เป็นรูปแบบที่ต้องการคำตอบที่ขึ้นอยู่กับผู้ตอบเป็นหลัก ได้แก่การสอบวัดที่ใช้ข้อสอบแบบอัตนัย หรือความเรียง
2. แบบจำกัดคำถาม เป็นการสอบที่วัดกำหนดขอบเขตของคำถามที่จะให้ตอบ หรือกำหนดคำตอบมาให้เลือกซึ่งมีรูปแบบของคำถามคำตอบ 4 รูปแบบ ดังนี้ กำหนดขอบเขตของคำถามที่จะให้ตอบ หรือกำหนดคำตอบมาให้เลือกซึ่งมีรูปแบบของคำถามคำตอบ 4 รูปแบบ ได้แก่ แบบเลือกทางใดทางหนึ่ง แบบจับคู่ แบบเติมคำ และแบบเลือกตอบ

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเป็นการวัดเพื่อตรวจสอบผลการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งเอาไว้ ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละรายวิชานั้นสามารถวัดได้ 2 ด้านคือ 1. การวัดด้านปฏิบัติการ และ 2. การวัดด้านเนื้อหา

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การวัดด้านเนื้อหา เพื่อตรวจวัดระดับความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหา ความรู้ ความเข้าใจ ที่เกี่ยวข้องกันกับเนื้อหาที่มาจากประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านต่างๆ

3. เครื่องมือในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสิ (2544) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมืออย่างหนึ่ง ออกแบบไว้สำหรับวัดความรู้ หรือทักษะที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในช่วงเวลาหนึ่ง

สมนึก ภัททิยธนี (2537) ได้ระบุไว้ว่าประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีอยู่ทั้งหมด 6 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัย เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะข้อคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบตามความรู้ ความคิดเห็นของตนเอง โดยการบรรยายลงไปในกระดาษคำตอบ
 2. ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่มีตัวเลือกให้ในข้อสอบโดยคำตอบจะมีถูก และผิด หรือคำตอบ 2 ตัวเลือกจะมีความหมายตรงกันข้ามนั่นเอง อาทิเช่น ผิด-ถูก ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เป็นต้น
 3. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่มีประโยค หรือข้อความที่มีการเว้นที่ว่างเข้าไว้ ขาดความสมบูรณ์ แล้วให้ผู้เรียนเป็นคนเติมคำตอบที่คิดว่าถูกต้องลงในช่องว่างเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ที่สุดของบทความ
 4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เป็นข้อสอบที่มีประโยคคำถามที่สมบูรณ์แล้วแต่ให้ผู้เรียนเป็นคนเขียนตอบคำตอบที่มีความคิดว่าถูกต้องตามความคิดเห็นลงไปให้ได้ใจความ ไม่ต้องบรรยายรายละเอียด
 5. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบที่มีคำตอบให้เป็น 2 ชุดโดยจะแบ่งแยกออกเป็นตัวเลือกและตัวถูกเลือก ผู้เรียนทำหน้าที่จับคู่ตัวเลือกดังกล่าวจากความสัมพันธ์ หรือคำชี้แจงของโจทย์
 6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่มีตัวเลือกมาให้เลือกจากการถามในส่วนของคำถาม โดยในส่วนของคำตอบจะมีตัวเลือกที่ถูกเพียงข้อเดียวส่วนที่เหลือคือตัวลวง
- บุญชม ศรีสะอาด และคณะ (2552) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึงแบบทดสอบที่ใช้วัดสมรรถภาพของสมองด้านต่างๆ จากการที่ผู้เรียนได้รับการเรียนรู้มาเพื่อตรวจสอบว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใด โดยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Maded Test) เป็นแบบทดสอบที่ถูกสร้างขึ้นโดยครูผู้ทำการสอนในโรงเรียนของตนเอง จะมีมาตรฐานเป็นของตนเอง และมักจะใช้ได้กับบริบทดังกล่าวเท่านั้น
2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นแบบมีมาตรฐานในการวัด มีมาตรฐานของเกณฑ์การประเมิน ใช้ได้กับผู้เรียนโดยทั่วไปไม่เฉพาะเจาะจงแค่โรงเรียนใด โรงเรียนหนึ่งเท่านั้น

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2543) ได้กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก็คือแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาเพื่อทำการวัดประเมินความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียน หลังจากที่ได้ทำการเรียนรู้ไป โดยมักจะเป็นแบบให้ผู้เรียนเขียนตอบแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่

1. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบสร้างขึ้นมาโดยผู้เชี่ยวชาญมีความเชื่อถือค่อนข้างมากในการอ้างอิงไปถึงประชากรได้
2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบที่ถูกสร้างขึ้นมาจากครูผู้สอนที่ได้มีการตั้งจุดประสงค์เอาไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะมีการวัดที่ขึ้นอยู่กับบริบทของห้องเรียนต่างๆ

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาผู้วิจัยสามารถทำการสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอน สามารถใช้เครื่องมือในการวัดได้ 2 ชนิดคือแบบที่เป็นมาตรฐานที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบที่ผู้จัดการเรียนการสอนเป็นคนสร้างเองตามจุดประสงค์ในการเรียนรู้ในแต่ละรายวิชา

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นเนื่องจากต้องการที่จะทำการวัดผลสัมฤทธิ์ตามจุดประสงค์ที่ตั้งขึ้นมา เพื่อทำการตรวจวัดระดับความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหา ความรู้ ความเข้าใจ รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่ตรงกันกับวัตถุประสงค์ของผู้สอนและเข้ากับบริบทของห้องเรียน

บริบทโรงเรียนผดุงนารี

โรงเรียนผดุงนารี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เปิดสอนทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบสหศึกษา ตั้งอยู่เลขที่ 143 ถนนผดุงวิถิ ตำบลตลาด อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000 มีเนื้อที่ 25 ไร่ 1 งาน 69.5 ตารางวา ปัจจุบันในปีการศึกษา 2561 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 4,128 คน

1. ประวัติโรงเรียน

โรงเรียนได้กำเนิดในปี พ.ศ.2470 โดยเริ่มก่อสร้างตั้งแต่ปี พ.ศ.2469 และแล้วเสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ.2470 โดยที่ไม่ต้องซื้อเพราะของบริจาคจากราษฎร เมื่อสร้างเสร็จได้ให้นามโรงเรียนเสียใหม่ ว่า “โรงเรียนสตรีประจำจังหวัดมหาสารคาม” (ส่วนคำว่า “ผดุงนารี” มาเพิ่มเข้าภายหลัง)

ต่อมาในปี พ.ศ.2482 ได้ขยายโอกาสการศึกษาโดยเปิดสอนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รุ่นแรก จำนวน 7 คนและมีการพัฒนามาเรื่อยๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การพัฒนาห้องเรียนและหลักสูตรของโรงเรียนผดุงนารีจากอดีต

ปีการศึกษา 2506	ได้เปิดสอนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนกศิลปะ จำนวน 1 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2516	ได้เปิดสอนแผนกทั่วไปชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2518	ได้เปิดสอนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 6 โปรแกรมการ เรียน
ปีการศึกษา 2521	ได้เปิดสอนในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521
ปีการศึกษา 2524	ได้เปิดสอนโดยใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524
ปีการศึกษา 2533	เป็นโรงเรียนร่วมพัฒนาการใช้หลักสูตรของ กระทรวงศึกษาธิการและเปิดสอนโดยใช้หลักสูตร มัธยมศึกษา ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2533 ตั้งแต่ชั้น ม. 1-ม.6
ปีการศึกษา 2551	เปิดสอนแผนการเรียนภาษาฝรั่งเศส มีแผนการจัดชั้นเรียน เป็น 12-10-10/10-10-10 รวม 62 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2552	โรงเรียนได้เปิดสอนโดยใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในระดับชั้น ม.1 และ ม.4 มี แผนการจัดชั้นเรียนเป็น 12-12-10/10-10-10 รวม 64 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2553	โรงเรียนได้เข้าร่วมโครงการแผนปฏิบัติการไทยเข้มแข็ง (SP2) โครงการโรงเรียนมาตรฐานสากล โครงการ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ (ม.4 จำนวน 1 ห้อง) โครงการยกระดับคุณภาพการศึกษา มีแผนการจัดชั้น เรียนเป็น 12-12-12/11-10-10 รวม 67 ห้องเรียน

ตารางที่ 2 การพัฒนาห้องเรียนและหลักสูตรของโรงเรียนผดุงนารีจากอดีต (ต่อ)

ปีการศึกษา 2554	โรงเรียนจัดโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ (ม.1 จำนวน 2 ห้อง ม.4 จำนวน 1 ห้อง) ดำเนินการก่อสร้างอาหารเรียน แบบ 324 ล (ตอกเข็ม) เปิดสอนแผนการเรียนศิลป์-ธุรกิจ มีแผนการจัดชั้นเรียนเป็น 16-12-12/12-11-10 รวม 73 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2555	โรงเรียนได้ปรับปรุงถนนลาดยางในบริเวณโรงเรียน เปิดสอนแผนการเรียนศิลป์-จีน มีแผนการจัดชั้นเรียนเป็น 16-16-12/13-12-11 รวม 80 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2556	แผนการจัดชั้นเรียนเป็น 16-16-16/13-13-12 รวม 86 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2557	แผนการจัดชั้นเรียนเป็น 18-16-16/15-13-13 รวม 91 ห้องเรียน เปิดสอนแผนการเรียนทั่วไป (ศิลป์-การงานฯ) และภาษาเวียดนาม
ปีการศึกษา 2558	แผนการจัดชั้นเรียนเป็น 18-18-16/15-15-13 รวม 95 ห้องเรียน
ปีการศึกษา 2559	แผนการจัดชั้นเรียนเป็น 18-18-18/15-15-15 รวม 99 ห้องเรียน

3. วิสัยทัศน์โรงเรียนผดุงนารี

มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้ ทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษา การอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต ส่งเสริมพัฒนานักเรียนเป็นผู้มีคุณธรรมพื้นฐาน 8 ประการ ปฏิบัติตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง รักหวงแหนความเป็นไทย และภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถดำรงชีวิตในสังคมอย่างสันติสุข มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐาน ความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรโรงเรียนผดุงนารี มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนหลักสูตรโรงเรียนผดุงนารี พ.ศ. 2552 (ปรับปรุง 2555) มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสารเป็นความสามารถในการรับและส่งสารมีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ เลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเอง ครอบครัว และสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเอง ครอบครัว และสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ในโรงเรียน ท้องถิ่น และสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา มีการตัดสินใจที่ระมัดระวัง รอบคอบ มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง ครอบครัว สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในครอบครัว ในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเอง ครอบครัว และสังคม ในด้านการเรียนรู้การสื่อสาร การทำงาน การประกอบอาชีพ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

5. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรโรงเรียนผดุงนารี มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริตและกตัญญู
3. มีวินัยและรับผิดชอบ
4. ใฝ่เรียนรู้ มีเหตุผล และใช้ความรู้อย่างรอบคอบ ระมัดระวัง
5. อยู่อย่างพอเพียง มัธยัสถ์ และรู้จักเก็บออม
6. มุ่งมั่นในการทำงาน อดทน และมีความเพียร
7. รักความเป็นไทยและร่วมสืบสานภูมิปัญญาท้องถิ่น
8. มีจิตสาธารณะและเอื้ออาทรต่อผู้อื่น

(หลักสูตรโรงเรียนผดุงนารีพุทธศักราช 2552 (ปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551) (โรงเรียนผดุงนารี, 2561)

6. สรุปผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) วิชา วิทยาศาสตร์

ผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2556 – 2559 ของโรงเรียนผดุงนารี แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายงานผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนผดุงนารี

ปีการศึกษา	ผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์
2556	38.13
2557	37.32
2558	35.45
2559	33.63

ผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2556 – 2559 ของโรงเรียนผดุงนารีแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายงานผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนผดุงนารี

ปีการศึกษา	ผลการสอบ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์
2556	29.16
2557	29.50
2558	32.79
2559	30.09

7. บริบทของห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

ห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ของโรงเรียนผดุงนารีเป็นห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ มีนักเรียนทั้งหมด 34 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 6 คน และนักเรียนหญิง 28 คน มีการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ทั้งหมด 80 ชั่วโมงต่อเทอมหรือ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ได้รับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น ห้องเรียนมีลักษณะเป็นห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โต๊ะและเก้าอี้จัดไว้ในลักษณะที่นั่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน มีจำนวนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาฟิสิกส์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อยู่ทั้งหมด 20 คน และนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 10.67 คะแนน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการคิดแบบมีวิจารณญาณ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้มีนักวิจัยทำการศึกษาไว้อย่างหลากหลายในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นในประเทศหรือต่างประเทศ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างมาดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยภายในประเทศ

ชนธิชา ปะนัดโส (2555) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในสังกัดเทศบาลเมืองสระบุรีจำนวน 30 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปี

การศึกษา 2554 ใช้เครื่องมือเป็นแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่าเมื่อศึกษาจาก ค่าความถี่และค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มคำตอบทั้งก่อนและหลัง การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหา ความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ โดยก่อนการจัดการ เรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ถูกต้องในด้านการกำหนดปัญหา และอยู่ในกลุ่มคำตอบที่มี เฉพาะประเด็นของคำตอบโดยไม่ขยายความให้ครบถ้วนในด้านการตั้งสมมติฐานและการสรุปอ้างอิง ส่วนด้านการประเมินนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ แต่หลังการ จัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ใน กลุ่มคำตอบที่ถูกต้องในทุกตัวบ่งชี้ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คุณตรี เพ็ชรทวีพรเดช (2558) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อ ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษา และวิเคราะห์องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 3) ศึกษาผล การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมี 4 องค์ประกอบคือการกำหนดความชัดเจนของปัญหาการแสวงหาแนวทางในการตอบปัญหา การ วิเคราะห์อย่างมีเหตุผล และการลงข้อสรุปและตัดสินใจ 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีหลักการ สำคัญคือ เป็นรูปแบบที่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ชั้น ได้แก่ ชั้นสร้างแรงจูงใจ ชั้นให้ข้อมูลสู่ประเด็น สำคัญ ชั้นร่วมกันสืบเสาะค้นหาชั้นพิจารณาไตร่ตรอง และชั้นมองเห็นการค้นพบ ซึ่งเรียกว่า M4D Learning Method 3) เมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ พบว่าความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิชชาวุธ อุ่นสิม (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษารายวิชา ฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตที่ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าการดำเนินการวิจัยถูกแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา และใบงาน ที่ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเนื้อหาความสอดคล้องกับ เนื้อหา (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้และใบงาน ระยะที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และใบงานที่ได้พัฒนาขึ้น กับกลุ่มเป้าหมาย ระยะที่ 3 ประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยพิจารณาคะแนนพัฒนาการของทักษะการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณของกลุ่มเป้าหมาย ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มเป้าหมายมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นจำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 81 นักเรียนมีพัฒนาการลดลงจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 19 โดยค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 49 ค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการที่ลดลงร้อยละ 44

สำราญ ดวงตาน้อย (2557) ได้ศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 11 แผน และแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ ผลสัมฤทธิ์และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบในการวิจัย ครั้งนี้เป็นกรวิจัยกึ่งทดลอง (Pre-experimental design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานและร้อยละผลการวิจัยพบว่า 1) การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนที่ได้ รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนคิด เป็นร้อยละ 47.71 ของคะแนนเต็ม และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 69.57 ของคะแนนเต็ม 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีผู้สอบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 18 คนคิดเป็นร้อยละ 78.26 ของนักเรียนทั้งหมดซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ณัฐพงศ์ มณีโรจน์ (2560) ได้ทำงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในประเทศไทย โดยการใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ iSTEM หรือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ iSTEM ทั้งหมด 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 93.32 หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าว อีกทั้งยังมีพฤติกรรมการเรียนรู้แบบวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย

ปฎิมาภรณ์ ไสรส (2561) ได้เปรียบเทียบการคิดแบบวิจารณ์ญาณ และทักษะการแก้ปัญหา โดยการใช้สะเต็มศึกษาในเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ รวมถึงการศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนแบบสะเต็มศึกษาของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษานั้นมีทั้งหมด 27 คน จากโรงเรียนบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ในเทอมที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย 1. แผนจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเรื่องแรงและการเคลื่อนที่จำนวน 14 ชั่วโมง 2. แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ และ 3. แบบประเมินความคิดเห็นเรื่องความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผลวิจัยพบว่านักเรียนมีความคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณเพิ่มขึ้นแบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาอยู่ในเกณฑ์สูง

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Meyrick (2011) ได้ศึกษาสะเต็มศึกษากับพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ของสะเต็มที่มีในโรงเรียนที่จัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มเพื่อทำการเปรียบเทียบกับโรงเรียนที่จัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม รวมไปถึงการศึกษาเกี่ยวกับบรรยากาศ สิ่งแวดล้อม และปัจจัยอื่นๆ ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ด้วยสะเต็ม พบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบหนึ่งพัฒนาทักษะกระบวนการคิดเชิงเหตุผล และการชักจูงให้นักเรียนต้องการเป็นนักวิทยาศาสตร์คือการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่มีการพัฒนากระบวนการคิดที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นการคิดแบบมีวิจารณญาณ การคิดเป็นเหตุเป็นผล รวมถึงศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และยังพบว่าประโยชน์ของการรวมเอาแนวคิดสะเต็มเข้ากับเนื้อหาในทุกระดับชั้นส่งผลให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ในการคิดแบบมีกระบวนการเป็นขั้นตอนเหมือนวิศวกร และสามารถใช้หลักการทางวิศวกรรมมาออกแบบชิ้นงาน จากการมองปัญหา ระบุปัญหาด้วยมือตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจ เกิดองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นเองและเป็นการเน้นพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

Duran and Sendag (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับมัธยมปลาย โดยการใช้โปรแกรม IT/STEM ที่นำเอาข้อมูล หรือสารสนเทศจากเทคโนโลยีมาใช้กับบริบททางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 47 คน ในระยะเวลาการเก็บข้อมูล 18 เดือน เก็บข้อมูลโดยใช้ Test of Everyday Reasoning (TER) ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 15.77 คะแนนก่อนที่จะจัดการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรม IT/STEM และหลังจากเรียนโดยใช้โปรแกรมแล้วพบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นที่ 20.07 คะแนน

Meltem Duran and Dökme (2016) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อการคิดแบบมีวิจารณญาณของผู้เรียน โดยได้ทำวิจัยเพื่อรายงานผลจากการสอนด้วยนวัตกรรมดังกล่าวของนักเรียนเกรด 6 จำนวนทั้งหมด 90 คน โดยการใช้วิธีการวิจัยแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน โดยการแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มควบคุม และ 2.กลุ่มทดลองที่ทำการสอนด้วยวิธีการค้นคว้าแบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มทดลองมีระดับการคิดแบบมีวิจารณญาณที่สูงกว่าของกลุ่มที่สอนแบบดั้งเดิมจึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนแบบการค้นคว้าหาความรู้ส่งผลต่อระดับการคิดแบบมีวิจารณญาณของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Alkhalidi (2017) ได้ศึกษาผลจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 5E ที่พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในประเทศจอร์แดน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจผลของการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเมื่อจัดการเรียนการสอนแบบ 5E ในวิชา Islamic Education subject ในระดับชั้นเกรด 10 โดยยอบ่งออกเป็น 2 กลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ทั้ง 2 กลุ่มประกอบไปด้วยนักเรียนจำนวน 31 คน เมื่อทำการสอนกลุ่มทดลองด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E และกลุ่มควบคุมทำการสอนด้วยวิธีดั้งเดิม โดยมีเครื่องมือจากผู้วิจัยใช้คือแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณมากกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยยังแนะนำให้มีการทำวิจัยเพื่อศึกษาตัวแปรตามอื่นๆนอกเหนือจากการคิดแบบมีวิจารณญาณอีก

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็ม และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลการวิจัยที่ชี้ชัดว่าสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้า รวบรวม วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลก่อนจะสรุป ผู้วิจัยจึงมีความเชื่อมั่นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในวิจัยครั้งนี้ได้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังหัวข้อต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 20 คน ในโรงเรียนผดุงนารี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 คัดเลือกมาโดยการทำแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำนวน 20 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือกจากสถานการณ์ที่กำหนด ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 5 ด้านของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องงานและพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลาสอน 12 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยในแต่ละวงจรการปฏิบัติการมีดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แรงและงาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พลังงานกล

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎอนุรักษ์พลังงาน

วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 กำลัง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เครื่องกลอย่างง่าย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ประสิทธิภาพของเครื่องกล

2. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ
3. แบบสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย
4. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญและผลการเรียนรู้ที่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาในการวิจัย เรื่อง งานและพลังงาน วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง

1.3 ศึกษาเนื้อหาสาระวิชาฟิสิกส์ ของสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรูุดังตาราง 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

วงจร	แผน ที่	หน่วยการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์	เวลา (ชม.)
ปฏิบัติกร	1	งานและ พลังงาน	แรงและ งาน	งานทางฟิสิกส์ หมายถึง ผลที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำ ต่ออนุภาคหรือวัตถุ แล้วทำให้อนุภาคหรือวัตถุนั้นเกิดการ เคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้น (แต่ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำต่อ วัตถุ แล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่แรงที่มากระทำนั้นเมื่ทำให้เกิดงาน) แต่ถ้าแรงที่กระทำมีทิศทางทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่ งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า งานเป็นปริมาณ สเกลาร์	1) นักเรียนสามารถวิเคราะห์หา ความสัมพันธ์ของแรงและงานได้ 2) นักเรียนสามารถคำนวณหา งานจากกรณีต่างๆ ได้ 3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน การสอน	2
	2		พลังงาน กล	พลังงานจลน์ เป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานของวัตถุที่กำลัง เคลื่อนที่โดยวัตถุที่มีมวล m เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v จะ พบว่าวัตถุดังกล่าวจะมีพลังงานจลน์ เท่ากับ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ซึ่งพลังงานจลน์ของวัตถุใดๆจะมีค่ามากขึ้นขึ้นอยู่กับมวล และความเร็วของวัตถุ พลังงานศักย์ คือพลังงานที่เกิดขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งจากระดับหนึ่งไปสู่อีก ระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับความสูงเทียบกับระดับอ้างอิง	1) นักเรียนสามารถอธิบาย ความหมายของพลังงานกลได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบ และสร้างแบบจำลองรถไฟเหาะ ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ 3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน การสอน	2

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

3	กฏอนุรักษ์พลังงาน	<p>ถ้าปล่อยวัตถุจากที่สูงระดับหนึ่งให้ตกแบบอิสระ ตำแหน่งความสูงต่างๆ ของการเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุจะเปลี่ยน ทำให้ขณะที่ตกทั้งพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์โน้มถ่วงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่พลังงานรวมจะมีค่าคงตัวทุกขณะ กล่าวได้ว่า การเคลื่อนที่แบบเสรีของวัตถุภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงภายนอกกระทำ พลังงานกลของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดก็ตาม ย่อมมีค่าคงเดิมเสมอ เมื่อวัตถุตกลงพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะลดลง ค่าที่ลดลงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นทุกขณะ</p>	<p>1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎอนุรักษ์พลังงานได้</p> <p>2) นักเรียนสามารถสร้าง ทดลอง และปรับแก้ไขแบบจำลองไฟฟ้ เหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้</p> <p>3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน</p>	2
2	งานและพลังงาน	<p>ในชีวิตประจำวันนั้นเรามักจะได้ยินคำว่ากำลังเสมอ ไม่ว่าจะเป็นกำลังทางไฟฟ้า กำลังของเครื่องจักรต่างๆ หรือจะเป็นกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า ในทางฟิสิกส์กำลังเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่บ่งบอกถึงปริมาณของงานที่วัตถุหนึ่งๆ ทำได้ในช่วงเวลาหนึ่ง</p>	<p>1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกำลังได้</p> <p>2) นักเรียนสามารถคำนวณหา กำลังเฉลี่ยจากงานในรูปแบบต่างๆ ได้</p>	2

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

4	งานและพลังงาน (ต่อ)	กำลัง (ต่อ)	<p>โดยหาจากสมการ $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ เมื่อ ΔW คืองานที่ทำได้ มีค่าเท่ากับ $\Delta W = F\Delta s$ โดยกำลังมีหน่วยเป็นวัตต์หรือ จูลต่อวินาที</p>	3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน
5	งานและพลังงาน	เครื่องกลอย่างง่าย	<p>เราสามารถให้หลักการของงานหรือแม่เหล็กอนุรักษ์ของพลังงานมาช่วยในการสร้างเครื่องผ่อนแรงให้ทำงานได้สะดวกมากขึ้น สังเกตได้จากเครื่องมือที่เป็นเครื่องกลต่างๆชีวิตประจำวันที่ถึงแม้จะไม่ช่วยให้ทำงานมากกว่างานที่เราใส่ให้กับเครื่องกล เพราะงานจะมีค่าคงตัวจากกฎอนุรักษ์แต่เครื่องกลต่างๆสามารถผ่อนแรงได้โดยการอาศัยการได้เปรียบเชิงกล ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อขนาดของแรงที่ให้กับเครื่องกล</p>	<p>1) นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้</p> <p>2) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองรอยกายของตามเกณฑ์ของสถานการณ์ได้</p> <p>3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน</p>

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

6	ประสิทธิภ าของ เครื่องกล	เนื่องจากพลังงานมีการอนุรักษ์ จึงไม่มีการ สูญหายไปไหนแต่สามารถเปลี่ยนรูปไปมาได้ สังเกตได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่พบได้ใน ชีวิตประจำวันจะมีการเปลี่ยนพลังงานจากพลังงาน ไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล แต่การเปลี่ยนไปของ พลังงานนี้พบว่าไม่สามารถเปลี่ยนไปได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะมีการสูญเสียไปเป็นพลังงานใน รูปแบบที่ไม่ต้องการ	1) นักเรียนสามารถอธิบาย ความหมายของประสิทธิภาพของ เครื่องกลได้ 2) นักเรียนสามารถสร้าง ทดลอง และปรับแก้ไขแบบจำลองรอกยก ของตามเกณฑ์ของสถานการณ์ได้ 3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน การสอน	2
รวม				12

1.4 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.5 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในเนื้อหาของ งานและพลังงาน วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้มีความสอดคล้องของ สาระการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และระยะเวลา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา มาปรับปรุงแล้วพัฒนาต่อให้เป็นฉบับสมบูรณ์ตามคำแนะนำ

1.8 ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสมโดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ ดร.ทัศนศิริินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.มนตรี
วงศ์สะพาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นายดุสิต วร
วัฒนธรรม ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี

4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นางจุไรรัตน์ ธนยังยืน ครู
ชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี

5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร. อุฤทธิ์ เจริญ

อินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.10 นำคะแนนการประเมินแผนการเรียนรู้จากการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ มาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยผ่านเกณฑ์ 3.51-5.00 ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2551)

ค่าเฉลี่ยระดับ	ความเหมาะสม
4.51 - 5.00	มากที่สุด
3.51 - 4.50	มาก
2.51 - 3.50	ปานกลาง
1.51 - 2.50	น้อย
1.00 - 1.50	น้อยที่สุด

พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีระดับความเหมาะสมจากคะแนนการประเมินเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ระดับความเหมาะสมขอแผนจัดการเรียนรู้

แผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1	4.23	มาก
2	4.21	มาก
3	4.26	มาก
4	4.52	มากที่สุด
5	4.54	มากที่สุด
6	4.48	มาก

1.11 นำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาปรับแก้ไขในแผนที่ 1 และ 3 เรื่องใบความรู้ แผนที่ 4 เรื่องแบบประเมินการมีส่วนร่วมในห้องเรียน แผนที่ 5 และ 6 เรื่อง วัตถุประสงค์

1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษาระดับที่แก้ไขสมบูรณ ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียน เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์
เพิ่มเติม เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริง 40 ข้อ โดย
แบ่งเป็นใช้จริงในวงรอบที่ 1 จำนวน 20 ข้อและใช้จริงวงรอบที่ 2 จำนวน 20 ข้อ โดยดำเนินการตาม
ขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) คู่มือครูรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการวัดและการ
ประเมินผลการศึกษา (ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2559)

2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และ
จำนวนของข้อสอบให้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชา ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และจำนวนของข้อสอบ

สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
		จำนวนที่ สร้าง	จำนวนที่ ต้องการใช้ จริง
วงรอบที่1			
แรงและงาน	วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย	9	6

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และจำนวนของข้อสอบ (ต่อ)

พลังงานกล	อธิบายและคำนวณพลังงาน พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์	9	6
กฎอนุรักษ์พลังงาน	อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้กฏการอนุรักษ์พลังงานกล	12	8
รวม		30	20
วงรอบที่2			
กำลัง	วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย	12	8

ตารางที่ 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้และจำนวนของข้อสอบ (ต่อ)

	อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่าง ง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและ สมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกล	9	6
ประสิทธิภาพ ของเครื่องกล	อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่าง ง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและ สมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกล	9	6
รวม		30	20

2.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบ และนำแบบทดสอบทั้งหมดที่สร้างขึ้น
เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สาระสำคัญ
จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล

2.4 นำแบบทดสอบไปหาค่าความสอดคล้องหรือดัชนีของความสอดคล้อง
กันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ
IOC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ ดร.
ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.มนตรี วงษ์
สะพาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นายดุสิต วรวัฒน์ธรรม ครู
ชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี
- 4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นางจุไรรัตน์ ธนยังยืน ครู
ชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี

5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์

คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2.5 นำข้อมูลการหาค่าความสอดคล้อง หรือค่า IOC มาวิเคราะห์โดยเลือกแบบทดสอบข้อที่ผ่านเกณฑ์ ตั้งแต่ 0.5-1.00 ให้เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามสอดคล้องกับพฤติกรรมที่วัด ผลพบว่าจากข้อสอบทั้งหมดจำนวน 60 ข้อ มีข้อสอบที่ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 0.5 จำนวน 9 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ย 0.8 จำนวน 14 ข้อ และมีคะแนนเฉลี่ย 1 จำนวน 37 ข้อ

2.6 ดำเนินการปรับแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความเหมาะสมของคำถาม ความเหมาะสมของตัวเลือก และความเหมาะสมของเนื้อหา จากนั้นทำการจัดพิมพ์ข้อสอบที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลต่อไป

3. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือดังนี้

3.1 ศึกษาค้นคว้างานวิจัย และศึกษาการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยยึดกรอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Dressel และ Mayhew

3.2 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำนวน 30 ข้อ ใช้จริงจำนวน 20 ข้อ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับจำนวนข้อสอบ

องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	จำนวนข้อสอบ	
	จำนวนที่สร้าง	จำนวนที่ใช้จริง
ความสามารถในการนิยามปัญหา	6	4
ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล	6	4
ความสามารถในการจำแนกข้อมูล	6	4
ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน	6	4
ความสามารถในการสรุปและตัดสินใจ	6	4
รวม	30	20

3.3 นำแบบทดสอบไปหาค่าความสอดคล้องหรือดัชนีของความสอดคล้อง
กันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ
IOC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วนิดา ผาระนัด
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ ดร.
ทัศนศิริินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นายดุสิต วรรณธรรม ครู
ชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี
- 5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์
คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3.4 นำข้อมูลการหาค่าความสอดคล้อง หรือค่า IOC มาวิเคราะห์โดยเลือก
แบบทดสอบข้อที่ผ่านเกณฑ์ ตั้งแต่ 0.5-1.00 ให้เป็นแบบทดสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตาม
สอดคล้องกับพฤติกรรมที่วัด จากแบบทดสอบทั้งหมดที่สร้างขึ้นจำนวน 30 ข้อ มีข้อสอบที่ได้คะแนน
เฉลี่ยต่ำกว่า 0.5 จำนวน 2 ข้อ ข้อสอบที่ได้คะแนนเฉลี่ย 0.8 จำนวน 7 ข้อ และข้อสอบที่ได้คะแนน
เฉลี่ยเท่ากับ 1 จำนวน 21 ข้อ

3.5 ดำเนินการปรับแก้ไขข้อสอบเรื่องความเหมาะสมของสถานการณ์ และ
จัดพิมพ์แบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บ
รวบรวมข้อมูลต่อไป

4. แบบสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย

มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะนำไปพัฒนาปรับปรุงการจัด
กิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

4.1 กำหนดขอบเขตของคำถามซึ่งประกอบไปด้วย 4 ด้านดังนี้

1. คำถามด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
2. คำถามด้านความคิดเห็นต่อกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน

3. คำถามด้านครูผู้สอน

4.2 ดำเนินการสร้างแบบสอบถามแบบสัมภาษณ์แบบขอบเขตคำถาม

4.3 นำแบบสัมภาษณ์ไปหาค่าความสอดคล้องหรือดัชนีของความสอดคล้อง

กันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วนิดา ฝาระนันต์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจารย์ ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นายดุสิต วรวัฒนธรรม ครูชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนผดุงนารี
- 5) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ผศ.ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4.4 ดำเนินการปรับแก้ไขในส่วนของข้อคำถามเพื่อเพิ่มความเข้าใจแก่ผู้ถูกสัมภาษณ์ และจัดพิมพ์แบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีวิจัยแบบ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวทางของ เคมมิสและแมคทาการ์ต ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 2 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน คือ แรงและงาน พลังงาน กล กฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีตารางแผนปฏิบัติงานดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1

แผน ที่	จุดประสงค์	เครื่องมือ	วิธีการเก็บ รวบรวม ข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
1	<p>1) นักเรียนสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแรงและงานได้</p> <p>2) นักเรียนสามารถคำนวณหางานจากกรณีต่างๆได้</p> <p>3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน</p>	1. แบบบันทึก แผนหลังสอน	สังเกต	1.วิเคราะห์หาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนจากบันทึกหลังสอนเพื่อพัฒนาในแผนถัดไป
2	<p>1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานกลได้</p> <p>2) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองรถไฟเหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้</p> <p>3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน</p>	1. แบบบันทึก แผนหลังสอน	สังเกต	1.วิเคราะห์หาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนจากบันทึกหลังสอนเพื่อพัฒนาในแผนถัดไป
3	<p>1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎอนุรักษ์พลังงานได้</p> <p>2) นักเรียนสามารถสร้างทดลอง และปรับแก้ไขแบบจำลองรถไฟเหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้</p> <p>3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน</p>	1. แบบบันทึก แผนหลังสอน	สังเกต	1.วิเคราะห์หาปัญหาในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นตอนจากบันทึกหลังสอนเพื่อพัฒนาในแผนถัดไป

ตารางที่ 9 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

หลังจบวงจรที่ 1	1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานพลังงาน 2. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น	แบบทดสอบ, สัมภาษณ์	1. วิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณจากแบบทดสอบ 2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบทดสอบ 3. สัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เรียนจากแบบสัมภาษณ์
-----------------	--	--------------------	--

ในการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 สสำรวจสภาพปัญหาของผู้เรียน รวมถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนผดุงนารี ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอน และทำการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อหากลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัย

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสร้างเครื่องมือวิจัย และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.3 สร้างเครื่องมือวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนที่สร้างเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้แก่ แรงและงานพลังงานกล และกฎการอนุรักษ์พลังงาน โดยแผนการเรียนรู้ที่ 1 จัดกลุ่มนักเรียนแบบคละ

ความสามารถ และจัดการเรียนรู้ให้มีการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งให้นักเรียนทำการระบุปัญหา และตั้งสมมุติฐาน ในแผนการเรียนรู้ที่ 2 จัดกิจกรรมการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ผู้เรียนทำการออกแบบ และสร้างชิ้นงานจากการระบุปัญหา และตั้งสมมุติฐานจากแผนที่แล้ว ในแผนการเรียนรู้ที่ 3 จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำชิ้นงานมาทดลองและนำเสนอตามหลักของวิศวกรรม

3. ขั้นสังเกต (Observe)

3.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและทำการบันทึกลงในบันทึกหลังแผนที่สร้างขึ้นเมื่อจบแผนการสอนในแต่ละแผน

3.2 นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนครบทุกแผนในวงรอบที่ 1

3.3 สัมภาษณ์ความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายหลังจากจบวงรอบที่ 1 จากแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาในด้านปริมาณ และคุณภาพ เพื่อประเมินผล และตรวจสอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรวมถึงกระบวนการวิจัยพบว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จะต้องหาแนวทางเพื่อให้ได้แนวทางการพัฒนา ปรับปรุง จากการสังเกต หรือบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการดำเนินการวิจัยในวงรอบที่ 2 ต่อไป

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4. กำลัง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เครื่องกลอย่างง่าย และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ประสิทธิภาพของเครื่องกล โดยมีตารางแผนปฏิบัติงานดังตารางที่ 10

พจนัน ปณุกิจโต ชิว

ตารางที่ 10 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 2

แผน ที่	จุดประสงค์	เครื่องมือ	วิธีการเก็บ รวบรวม ข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
4	1) นักเรียนสามารถอธิบาย ความหมายของกำลังได้ 2) นักเรียนสามารถ คำนวณหาลำกำลังเฉลี่ยจาก งานในรูปแบบต่างๆได้ 3) นักเรียนมีส่วนร่วมใน การเรียนการสอน	1. แบบบันทึก แผนหลังสอน	สังเกต	1.วิเคราะห์หาปัญหาใน การจัดการเรียนการ สอนในแต่ละขั้นตอน จากบันทึกหลังสอนเพื่อ พัฒนาในแผนถัดไป
5	1) นักเรียนสามารถอธิบาย การทำงานของเครื่องกล อย่างง่ายได้ 2) นักเรียนสามารถ ออกแบบ และสร้าง แบบจำลองรอกยกของตาม เกณฑ์ของสถานการณ์ได้ 3) นักเรียนมีส่วนร่วมใน การเรียนการสอน	1. แบบบันทึก- แผนหลังสอน	สังเกต	1.วิเคราะห์หาปัญหาใน การจัดการเรียนการ สอนในแต่ละขั้นตอน จากบันทึกหลังสอนเพื่อ พัฒนาในแผนถัดไป
6	1) นักเรียนสามารถอธิบาย ความหมายของ ประสิทธิภาพของเครื่องกล ได้ 2) นักเรียนสามารถสร้าง ทดลอง และปรับแก้ไข แบบจำลองรอกยกของตาม เกณฑ์ของสถานการณ์ได้ 3) นักเรียนมีส่วนร่วมใน การเรียนการสอน	1. แบบบันทึก แผนหลังสอน	สังเกต	1.วิเคราะห์หาปัญหาใน การจัดการเรียนการ สอนในแต่ละขั้นตอน จากบันทึกหลังสอนเพื่อ พัฒนาในแผนถัดไป

ตารางที่ 10 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

หลังจบวงจรที่ 2	1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องงานพลังงาน 2. แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น	แบบทดสอบ	1. วิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณจากแบบทดสอบ 2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากแบบทดสอบ 3. สัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เรียนจากแบบสัมภาษณ์
-----------------	---	----------	--

ในการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอน และกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนจะแนวทางปัญหา ที่ได้จากการสังเกต และวิเคราะห์ปัญหาจากวงจรที่ 1 และสร้างเครื่องมือวิจัยที่จะใช้ในวงรอบที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนที่สร้างขึ้นมาจากแนวทางการแก้ปัญหาในวงรอบที่ 1 ทั้งหมด 3 แผน ได้แก่ กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย และประสิทธิภาพเครื่องกล โดยแผนการเรียนรู้ที่ 4 จัดกลุ่มนักเรียนแบบละความสามารถโดยเน้นการกระจายของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่เหลือ และจัดการเรียนรู้ให้มีการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งให้นักเรียนทำการระบุปัญหาและตั้งสมมุติฐาน ในแผนการเรียนรู้ที่ 2 จัดกิจกรรมการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ผู้เรียนทำการออกแบบ และสร้างชิ้นงานจากการระบุปัญหา และตั้งสมมุติฐานจากแผนที่แล้ว ในแผนการเรียนรู้ที่ 3 จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำชิ้นงานมาทดลองและ

นำเสนอตามหลักของวิศวกรรม โดยทำการเน้นกิจกรรมที่พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณของผู้เรียนในด้านที่ต่ำที่สุดจากข้อมูลในวงรอบที่แล้ว

3. ขั้นสังเกต (Observe)

3.1 สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและทำการบันทึกลงในบันทึกหลังแผนที
 สร้างขึ้น เมื่อจบแผนการสอนในแต่ละแผน

3.2 นำแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบ
 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนครบทุก
 แผนในวงรอบที่ 2

3.3 สัมภาษณ์ความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายหลังจากจบวงรอบที่ 2 จาก
 แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

วิเคราะห์ และประเมินผล เพื่อประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
 ผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มเป้าหมายว่าผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ผู้วิจัยตั้งไว้หรือไม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากข้อมูล
 เชิงคุณภาพ
2. การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่
 ได้รับจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่
 ร้อยละ และค่าเฉลี่ย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

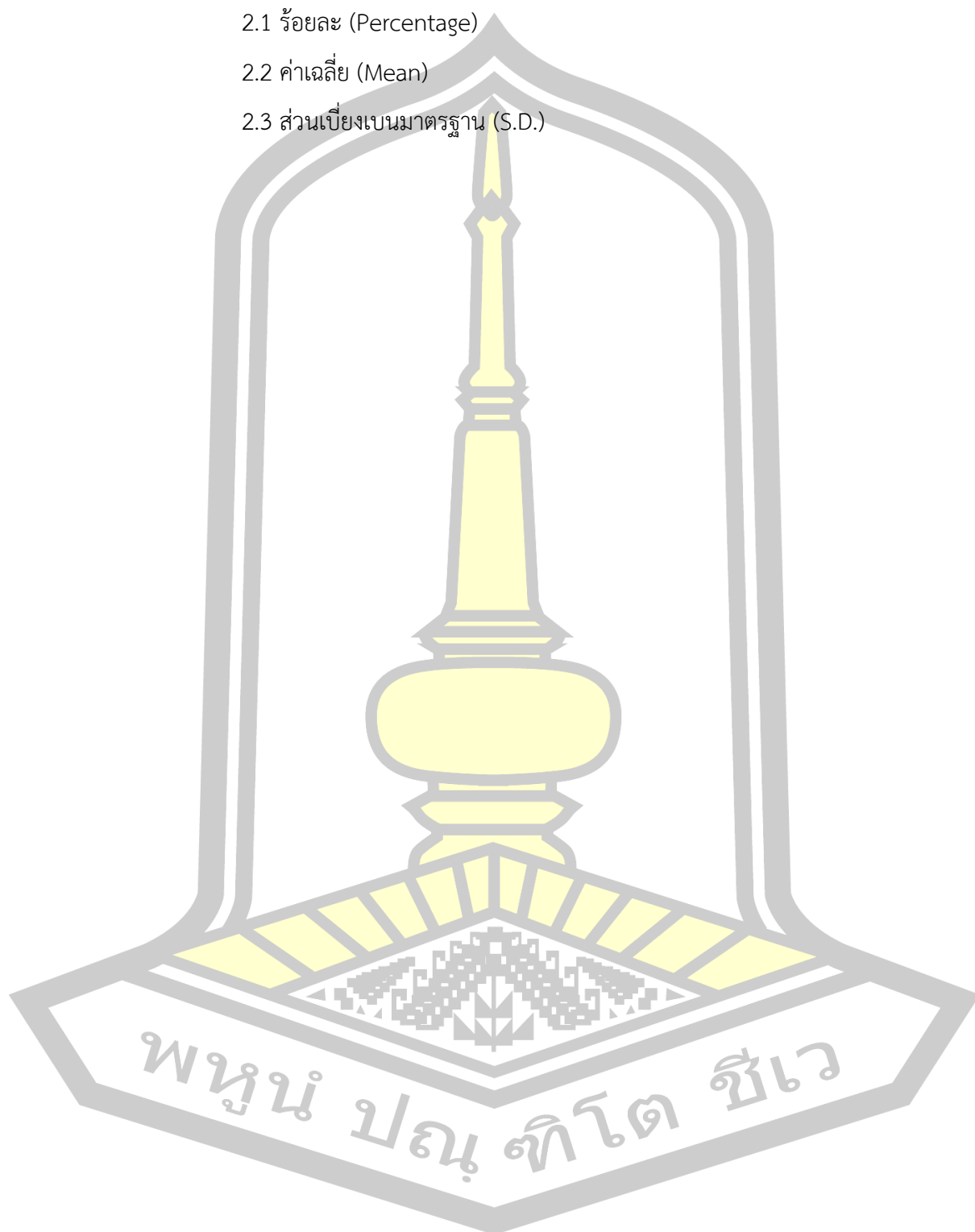
1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ
 - 1.1 หาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบ
 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ร้อยละ (Percentage)

2.2 ค่าเฉลี่ย (Mean)

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนสื่อสารให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

% แทน ร้อยละ

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นทั้งหมด 2 ตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

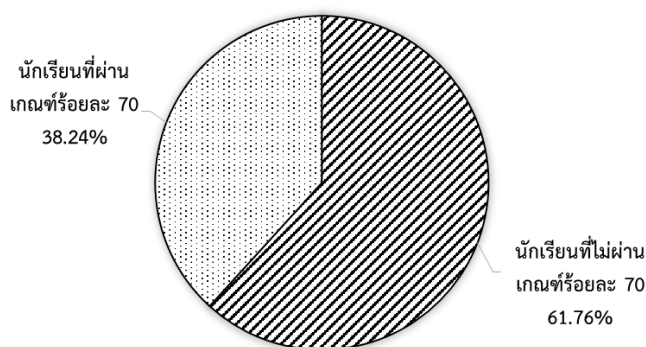
ตอนที่ 2 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ก่อนเรียน 1 ครั้ง และในระหว่างเรียน 2 ครั้ง มีรายละเอียดดังนี้

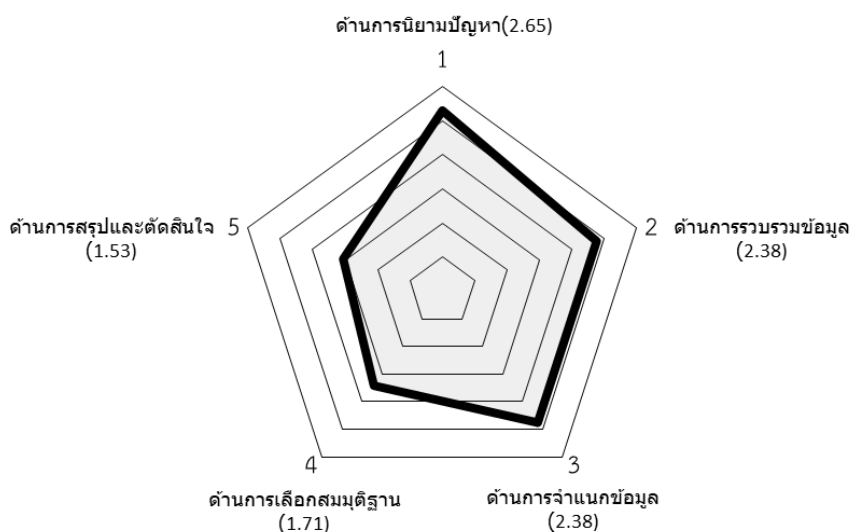
1. ผลการทดสอบก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 38.24 ซึ่งผลปรากฏดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจารณญาณก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากภาพประกอบ 3 พบว่านักเรียนได้คะแนนไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 มีทั้งหมด 21 คน คิดเป็นร้อยละ 61.76 จากนักเรียนทั้งหมด 34 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.67 คะแนนของคะแนนเต็ม นักเรียนมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นกลุ่มเป้าหมาย ผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ด้านละ 4 คะแนน รวมทั้งหมดเป็น 20 คะแนน (ภาพประกอบ 4)



ภาพประกอบ 4 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้าน

จากภาพประกอบ 4 พบว่ามีนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านเท่ากับ 2.65 2.38 2.38 1.71 และ 1.53 ในด้านการนิยามปัญหา การรวบรวมข้อมูล การจำแนกข้อมูล การเลือกสมมติฐาน และการสรุปและตัดสินใจ ตามลำดับ โดยด้านการสรุปและตัดสินใจได้คะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ส่วนด้านการรวบรวมข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ผู้วิจัยได้ทำการนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาทำการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการ 2 วงรอบดังนี้

2. ผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ชั้นวางแผน

1.1 ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจหาปัญหาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนห้อง ม.4/3 จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถวิเคราะห์ได้ว่านักเรียนมีปัญหาทั้งหมด 3 ประเด็นคือ

1.1.1 ประเด็นเรื่องของการระบุปัญหา สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมที่นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าปัญหาที่เจอจากสถานการณ์ที่ตัวครูยกตัวอย่างให้คืออะไร รวมไปถึงการยืนยันปัญหาที่พบว่าเป็นปัญหาจริงหรือไม่ โดยมีบทสัมภาษณ์จากครูผู้สอนดังนี้

“...นักเรียนส่วนมากมีปัญหากับการระบุว่าเป็นปัญหาจริงๆ คืออะไร ดังนั้นจึงส่งผลด้วยในส่วนของการคิดอย่างถืถั่ววนเพื่อที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว...”

(ครู ก, 20 พฤศจิกายน 2561: สัมภาษณ์)

1.1.2 ประเด็นเรื่องการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นการค้นคว้าจากหนังสือเรียน จากใบความรู้ หรือจากสื่อออนไลน์ต่างๆ พบว่านักเรียนจะไม่มี การไตร่ตรอง แต่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ต่อทันที ส่งผลให้บางครั้งเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนของการนำไปใช้แก้ปัญหา โดยมีบทสัมภาษณ์จากครูผู้สอนดังนี้

“...นักเรียนมักจะไม่ไตร่ตรองข้อมูลที่ทำการค้นคว้า ไม่ว่าจะจากแหล่งไหน โดยส่วนมากมักจะมาจากอินเทอร์เน็ต และจะทำการตัดสินใจสรุปทันทีจากข้อมูลดังกล่าว...”

(ครู ข, 20 พฤศจิกายน 2561: สัมภาษณ์)

1.1.3 ประเด็นเรื่องการจัดสมมุติฐานเพื่อแก้ปัญหา พบว่านักเรียนไม่สามารถที่จะตั้งสมมุติฐานเพื่อที่จะนำไปทดลอง หรือค้นคว้าเพิ่มเติมก่อนจะทำข้อสรุปเพื่อแก้ปัญหาต่อไปได้ อีกทั้งยังไม่สามารถนำความรู้ความเข้าใจ ไปใช้แก้ปัญหาต่อไปได้ โดยมีบทสัมภาษณ์จากครูผู้สอนดังนี้

“...ฟิสิกส์เป็นวิชาที่เด็กมักจะมีปัญหาเมื่อต้องนำความรู้ที่เรียนไปแก้ปัญหาจริงๆ เพราะบางครั้งเด็กไม่มีทักษะในการกำหนดสมมุติฐานด้วยซ้ำไป ดังนั้นถ้าพูดถึงการคิดแบบมีวิจารณญาณในวิชาฟิสิกส์แล้ว พูดได้ว่าแทบไม่มีเลยก็ว่าได้...”

(ครู ค, 20 พฤศจิกายน 2561: สัมภาษณ์)

จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปว่าผู้เรียนมีปัญหาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในองค์ประกอบดังที่กล่าวไป คือ การระบุประเด็นปัญหา การรวบรวมปัญหา และการตั้งสมมุติฐาน

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในเนื้อหาสาระที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

1.3 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4 ดำเนินการสร้างเครื่องมือในการวิจัยเพื่อทำการจัดกิจกรรมและเก็บข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วย แผนจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย จากนั้นทำการปรับปรุงตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา และดำเนินการหาค่าความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

1.5 ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน โดยการปรับแก้ไขแบบสัมภาษณ์ในส่วน of ข้อคำถามเพื่อเพิ่มความเข้าใจแก่ผู้ที่ถูกสัมภาษณ์ ปรับแก้ไขแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในส่วนของความเหมาะสมของสถานการณ์

ปรับแก้ไขแบบวัดผลสัมฤทธิ์ในเรื่องความเหมาะสมของคำถาม และตัวเลือก และปรับแก้ไข
วัตถุประสงค์ ในแผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องแรงและงาน

2. ชั้นปฏิบัติ

2.1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องแรงและงาน
ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

2.2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพลังงานกล
ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

2.3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกฎอนุรักษ์
พลังงาน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรม
เสร็จสิ้น

3. ชั้นสังเกตการณ์

3.1 ทำการสังเกต และสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีคำถาม
2 ด้านคือ ด้านการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และ ด้านครูผู้สอน โดยตัวอย่างคำตอบสามารถเห็นได้จาก
จากการสัมภาษณ์ต่อไปนี้

1. ด้านการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์จากแบบสัมภาษณ์ในด้านการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้
สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเด็นหลักๆ คือ

1. ไม่ค่อยชอบการค้นคว้า โดยผู้สอนสามารถสังเกตได้จากเมื่อถึงกิจกรรม
การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากใบความรู้หรือเรียนหนังสือเรียน
โดยที่ครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำนั้น นักเรียนส่วนใหญ่จะมอบหมายหน้าที่ให้กับเพื่อนแค่คนใดคนหนึ่ง
เท่านั้น และบางกลุ่มจะแทบไม่ทำการศึกษาค้นคว้าแต่จะรอสอบถามครูผู้สอนเท่านั้น โดยสามารถ
เห็นได้จากบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...ไม่ค่อยชอบตอนที่ครูให้ค้นคว้าข้อมูลเองเท่าไรหรอก เพราะหนูไม่ค่อย
เก่งเรื่องแบบนี้ แล้วเวลาก็มีจำกัดด้วย...”

(นักเรียน ก, 18 ธันวาคม 2561: สัมภาษณ์)

“...ตอนครูให้ศึกษาเอง ผมไม่ค่อยชอบครับ เพราะมันไม่รู้จะเริ่มจาก
ตรงไหนและบางทีเพื่อนๆก็ไม่ช่วยกันครับ...”

(นักเรียน ข, 18 ธันวาคม 2561: สัมภาษณ์)

2. ผู้เรียนชอบทำที่จะทำกิจกรรมที่ได้ลงมือทำ สามารถสังเกตได้จากการที่ผู้เรียนมักจากสอบถามอยู่เสมอว่าเมื่อไหร่จะได้ลงมือปฏิบัติหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ และนักเรียนจะกระตือรือร้นทุกครั้งที่มีการทำกิจกรรมที่ได้ลงมือทำ โดยสามารถเห็นได้จากบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...ชอบตอนทำกิจกรรมมากๆ สนุก ได้ลงมือทำ แต่ไม่ค่อยเข้าใจคาบที่ให้ทำแบบฝึกหัด มันยากเกินไปแล้วก็ไม่เคยทำมาก่อนเลยทำไม่ได้เลย...”

(นักเรียน ค, 18 ธันวาคม 2561: สัมภาษณ์)

“...สนุกเฉพาะวันที่ได้ทำกิจกรรม พอทำเสร็จก็ตอบคำถามไม่ได้ อาจจะเพราะในกลุ่มไม่ได้ค้นคว้าเยอะเหมือนกลุ่มอื่น และไม่เก่งเนื้อหาเท่าไร...”

(นักเรียน จ, 18 ธันวาคม 2561: สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้สอนต้องทำการปรับปรุงอยู่คือ การตอบคำถามที่ชัดเจนมากขึ้น ในขั้นตอนของการทำกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดรวมถึงแจ้งรายละเอียดของกิจกรรมอย่างครบถ้วนให้กับผู้เรียนให้ทั่วถึงทั้งห้องเรียนในทุกๆกลุ่ม ดังแสดงในบทสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อไปนี้

“...ครูไม่ค่อยยอมตอบคำถามเลย มีแต่จะให้หาเองอย่างเดียว หนูเหนื่อยและเบื่อ...”

(นักเรียน ช, 18 ธันวาคม 2561: สัมภาษณ์)

“...ครูอธิบายตอนทำกิจกรรมไม่ชัดเท่าไร เหมือนจะเข้าใจแต่กลุ่มหน้าห้องเลย มันงงเพราะพวกหนูไม่เคยทำแบบนี้ค่ะ...”

(นักเรียน จ, 18 ธันวาคม 2561: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ชั้นที่ 2 ขั้นการค้นคว้า คือจะไม่ค้นเคยกับการเรียนที่ต้องศึกษาด้วยตนเองก่อน แล้วค่อยสรุปจากการทำกิจกรรมต่างๆ และขั้นที่ 4 ขั้นของการขยายความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่จะมีความยากกับการเชื่อมโยงข้อมูลที่หามาได้มาประยุกต์เพื่อสร้างสมมุติฐาน และทำการแก้ไข ปัญหา ก่อนจะทำการสรุป และนักเรียนบางส่วนมีปัญหาการจัดการเวลาที่ใช้ในการออกแบบ และค้นคว้าเพื่อหาข้อมูล รวมไปถึงปัญหาตอนนำเสนอชิ้นงานของตนเองด้วย

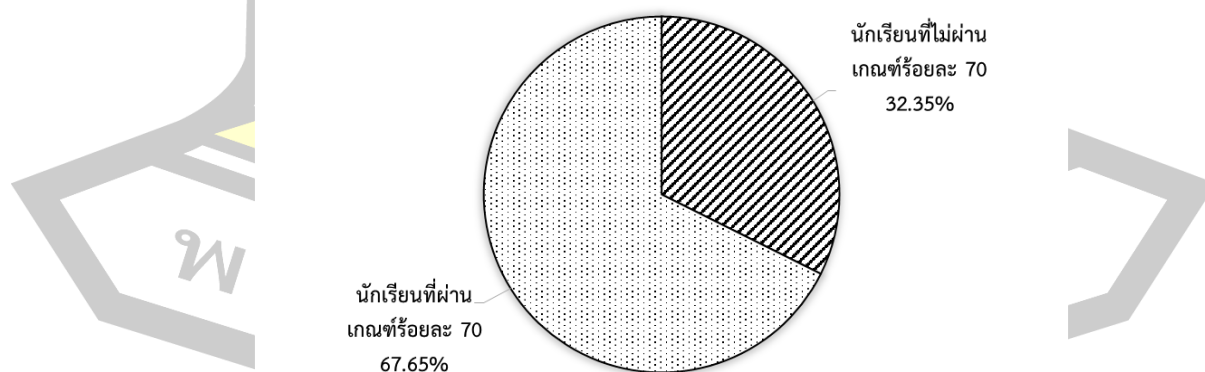
นอกจากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยยังได้นำเอาพฤติกรรมของนักเรียนที่สังเกตได้ และผลจากการบันทึกหลังแผนการเรียนรู้มาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหา ผลที่ได้แสดงดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 พบว่า นักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง แต่การเรียนแบบที่มีสถานการณ์ทำให้นักเรียนค่อนข้างสนใจ และดึงความสนใจนักเรียนได้ดี นักเรียนมีแรงดึงดูดว่าจะนำเนื้อหาที่เรียนไปทำอะไรได้ แต่นักเรียนยังขาดความเข้าใจในเนื้อหาโดยรวม และไม่ทราบว่าเนื้อหาที่ต้องศึกษาค้นคว้ามีอะไรบ้าง รวมไปถึงจะต้องทำกิจกรรมอย่างไร

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พบว่านักเรียนสนุกกับการทำกิจกรรม เพราะมีการลงมือออกแบบ และสร้างอุปกรณ์จริงๆ มีการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองมากขึ้น และหลากหลายรูปแบบยิ่งขึ้น ทั้งในรูปแบบที่เป็นวิดีโอ หรือเว็บไซต์ต่างๆ เห็นได้ชัดจากการสรุปเนื้อหา ของนักเรียนก่อนออกจากห้องเรียน แต่นักเรียนไม่ทำการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ ไม่มีการร่างแบบในบางกลุ่ม และบางกลุ่มไม่เข้าใจว่าจะต้องออกแบบไปทำไม

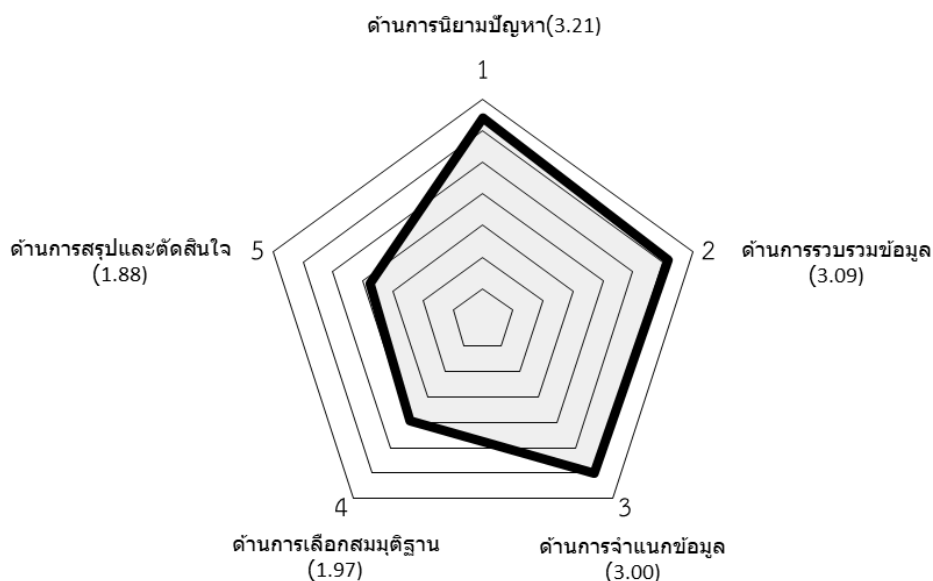
3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พบว่านักเรียนกระตือรือร้นที่จะสร้าง สิ่งประดิษฐ์ต่อให้เสร็จ มีการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อจะอธิบายการทำงานทั้งหมด รวมไปถึงการสรุป และนำเสนอตอนท้าย แต่เกือบจะทุกกลุ่มไม่ยอมนำสิ่งประดิษฐ์มาทำการทดลองแม้ผู้สอนจะทำการ ย้ำแล้วหลายรอบเนื่องจากยังมีการจัดการเวลาที่ไม่ดีพอ ทำให้กลัวว่าอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์จะไม่ สมบูรณ์แบบทันเวลา แม้แต่ตอนนำเสนอเองก็ยังมีบางกลุ่มที่แอบทำสิ่งประดิษฐ์ต่อแม้มีการอธิบาย ชัดเจนว่าจะถูกหักคะแนนก็ตาม

3.2 ทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากการจัดการเรียนรู้ ตามแผนครบทั้ง 3 แผนพบว่ามีผลดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมี วิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพประกอบ 5 พบว่ามีนักเรียนที่ได้คะแนนไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 มีทั้งหมด 11 คน คิดเป็นร้อยละ 32.35 จากนักเรียนทั้งหมด ลดลงจากเดิมที่มีทั้งหมด 21 คน หรือร้อยละ 61.76 นอกจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน ด้านละ 4 คะแนน แสดงดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากการวิเคราะห์ในแต่ละด้านพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านเท่ากับ 3.21 3.09 3.00 1.97 และ 1.88 สำหรับด้านการนิยามปัญหา การรวบรวมข้อมูล การจำแนกข้อมูล การเลือกสมมติฐาน และการสรุปและตัดสินใจตามลำดับ โดยด้านการสรุปและตัดสินใจได้คะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเหมือนตอนก่อนจัดการเรียนรู้ ส่วนด้านการรวบรวมข้อมูลเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดและพบว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกๆ ด้าน

4. ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

จากการสังเกตพฤติกรรมจากแบบบันทึกหลังแผนการสอนและสัมภาษณ์นักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
<p><u>ด้านการจัดกิจกรรม</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้เรียนไม่คุ้นเคยกับการศึกษาหาข้อมูลเอง 2. ผู้เรียนไม่เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบ คือจะไม่ออกแบบก่อนสร้างชิ้นงาน แต่จะสร้างก่อนแล้ววาดแบบทีหลัง รวมไปถึงไม่มีการตั้งสมมุติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนดด้วยการตั้งสมมุติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนดด้วย 3. ผู้เรียนไม่นำสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นมาทดลอง ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญมากในด้านวิศวกรรมแต่จะนำมาทำการทดลองตอนนำเสนอเลยเพราะกลัวว่าจะเสียเวลาและต้องการให้ชิ้นงานสมบูรณ์ที่สุดจึงจะเลิกทำ 4. ในขั้นตอนของการนำเสนอชิ้นงาน มีนักเรียน 1-2 คนในแต่ละกลุ่มยังแอบทำการสร้างชิ้นงานของตัวเองต่อไป แม้จะชี้แจงชัดเจนว่าจะถูกหักคะแนนก็ตาม 5. นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นที่จะทำการสรุปหลังจากสร้างชิ้นงานเสร็จ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สอนต้องมีการแนะนำ และชี้แจงว่าให้สืบค้นเพื่ออะไร รวมถึงคอยช่วยเหลือ ชี้ทางและแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ 2. ผู้วิจัยจะต้องแจกอุปกรณ์เมื่อผู้เรียนออกแบบและตั้งสมมุติฐานเรียบร้อยแล้วเท่านั้น รวมถึงการใส่แรงดึงดูเล็กๆ โดยการกำหนดให้กลุ่มที่ออกแบบ และตั้งสมมุติฐานครบถ้วนก่อนจะมีสิทธิ์ในการเลือกอุปกรณ์ต่างๆก่อน 3. กำหนดกติกาอย่างเด็ดขาด คือหากไม่นำมาทดลองจะไม่ได้ข้อมูลที่จะสามารถนำไปสร้างชิ้นงานให้สมบูรณ์ได้ 4. เก็บชิ้นงานทุกชิ้นไว้ที่หน้าห้องก่อนการนำเสนอ 5. ชี้แจงกับนักเรียนถึงเกณฑ์การให้คะแนนว่าการสรุปมีผลต่อคะแนนของนักเรียน
<p><u>ด้านครูผู้สอน</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สอนยังดูแลห้องเรียนไม่ทั่วถึง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สอนอธิบายกิจกรรมให้ชัดเจน และเดินดูแลนักเรียนให้ทั่วถึงทั้งห้อง

พูน ปณ ภิโต ชีเว

3. ผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ชั้นวางแผน

1.1 หลังจากวิเคราะห์ปัญหาและทำการหาแนวทางแก้ไขผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนในวงจรการปฏิบัติที่ 2 โดยได้นำข้อบกพร่องต่างๆ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับปรุง

2. ชั้นปฏิบัติ

2.1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กำลัง ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

2.2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ใช้เวลาทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

2.3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ประสิทธิภาพของเครื่องกล ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

3. ชั้นสังเกตการณ์

3.1 ทำการสังเกต และสัมภาษณ์เด็กที่มีปัญหาโดยการสุ่มมาสัมภาษณ์ โดยมีคำถาม 2 ด้านคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านครูผู้สอน

1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์จากแบบสัมภาษณ์ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเด็นหลักๆ คือ

1. นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และไม่สามารถนำข้อมูลที่ค้นคว้ามาไปแก้ปัญหาได้ เมื่อถึงเวลาที่จะได้นำเอาความรู้ที่ค้นคว้ามาทำแบบทดสอบย่อย จะมีนักเรียนหลายกลุ่มที่ไม่สามารถทำแบบทดสอบดังกล่าวได้เอง โดยสังเกตได้ในระหว่างการจัดกิจกรรมในชั้นตอนที่นักเรียนจะต้องทำการแก้ปัญหาจากความรู้ที่ตนค้นหามานั้นเอง โดยแสดงดังบทสัมภาษณ์ดังนี้

“...ชอบการได้ทำกิจกรรมออกแบบ และมีเนื้อเรื่องสนุกดีค่ะ ส่วนที่ไม่ชอบคือการทำแบบฝึกหัดด้วยตัวเอง หนูไม่เข้าใจ เพราะไม่เห็นตัวอย่างด้วยค่ะ...”

(นักเรียน ง, 14 มกราคม 2562: สัมภาษณ์)

“...ตอนทำกิจกรรมสนุกดีครับ แต่ไม่ค่อยเข้าใจเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเท่าไรในคาบสุดท้ายครับ...”

(นักเรียน ข, 14 มกราคม 2562: สัมภาษณ์)

2. นักเรียนชอบทำกิจกรรมที่ได้ลงมือทำ มักจะเบื่อในคาบเรียนที่ไม่มีกิจกรรมให้ทำ โดยสังเกตได้จาก การไม่กระตือรือร้นในวันที่ไม่มีการลงมือปฏิบัติ และมีการแสดงความคิดเห็นแนะนำให้ผู้สอนทำการสอนแบบให้มีการลงมือปฏิบัติในทุกๆคาบที่ทำการสอน โดยสามารถเห็นได้จากบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...หนูชอบกิจกรรมในคาบหลังๆที่ได้ประดิษฐ์มากกว่าคาบที่ต้องคั่นคว่ำคะ มันได้ลงมือทำ แต่คาบก่อนหน้านั้นมันไม่เห็นภาพว่าเรียนไปทำไม เลยเบื่อคะ...”

(นักเรียน ญ, 14 มกราคม 2562: สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

ในด้านของครูผู้สอนความคิดเห็นของนักเรียนมีเพียงประเด็นเดียวคือการยกตัวอย่างที่น้อยเกินไป นักเรียนไม่เห็นถึงความสำคัญของการนำความรู้ไปใช้ว่าหลากหลายอย่างไร ทำให้นักเรียนต้องการตัวอย่างที่หลากหลาย และเยาะขี้จิกจากครูผู้สอน โดยสามารถเห็นได้จากความคิดเห็นของนักเรียนต่อไปนี้

“...อยากได้ตัวอย่างจากครูบ้าง เพราะบางทีมันคิดไม่ออกจริงๆ ครับ...”

(นักเรียน ฉ, 14 มกราคม 2562: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยส่วนใหญ่มีปัญหาที่ขั้นตอนการสรุปผล และการค้นคว้า บางคนยังคงมีปัญหากับการนำข้อมูลที่ค้นคว้ามา ไปสรุปและทำการแก้ปัญหา และพบว่านักเรียนบางคนชอบที่จะทำกิจกรรมในแผนการสอนที่มีกิจกรรมการสร้างสิ่งประดิษฐ์เท่านั้น

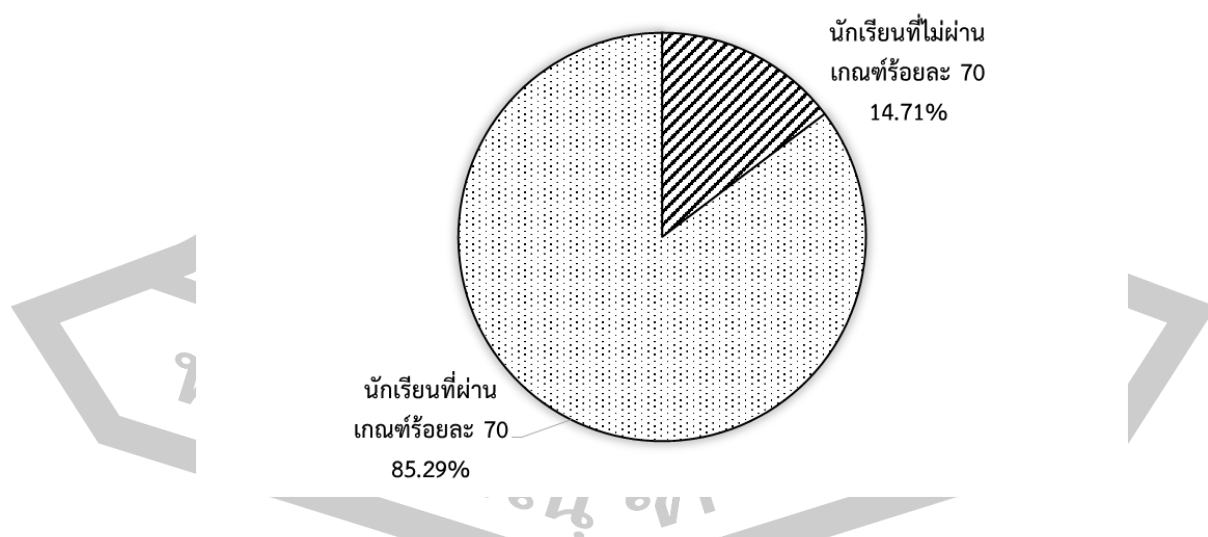
นอกจากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยยังได้นำเอาพฤติกรรมของนักเรียนที่สังเกตได้ และผลจากการบันทึกหลังแผนการเรียนรู้อันวิเคราะห์เพื่อหาปัญหา ผลที่ได้แสดงดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 พบว่า นักเรียนสามารถที่จะค้นคว้าด้วยตนเองเนื่องจากมีประสบการณ์แล้วจากครั้งก่อนๆ และมีความเข้าใจในขั้นตอนของกิจกรรมว่าทำไมจะต้องกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ และเริ่มรู้แล้วว่าที่ทำการค้นคว้าก็เพื่อจะนำความรู้ไปใช้ในการประดิษฐ์สร้างชิ้นงานแก้ปัญหาที่ตนเองได้ทำการตั้งขึ้นมาในคาบถัดไป แต่ยังพบว่ามึนักเรียนบางกลุ่มเริ่มออกอาการเบื่อและเรียกร้องให้มีการประดิษฐ์เลยเหมือนที่เคยทำมาจากแผนที่ 3 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยให้เหตุผลว่าอยากจะทำมากกว่าคั่นคว่ำอย่างเดียว และไม่สนุก แนวทางการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงจะต้องคั่นคว่ำก่อน รวมถึงกำหนดปัญหาที่ก่อน และทำการชี้แจงให้ชัดเจนว่าข้อมูลและปัญหาที่ทำการศึกษาด้วยตนเองก่อนนั้นมี ความสำคัญมากในการสร้างสิ่งประดิษฐ์มาแก้ไขปัญหา

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 พบว่านักเรียนมีความคล่องแคล่วในการเลือกใช้สมมุติฐาน โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักเรียนระบุไว้ในคาบก่อนหน้านั้นได้ดีขึ้น และใช้เวลาเฉลยจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 อย่างมาก และทำการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่จะใช้แก้ปัญหาตามสมมุติฐานที่ตนตั้งขึ้นมาอย่างหลากหลายมากขึ้น แต่พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มทำการออกแบบโดยไม่สนใจสมมุติฐานของตนเอง และไม่สอดคล้องโดยออกแบบเพียงแค่แบบเดียวไม่มีการออกแบบสำรองไว้ รวมถึงรายละเอียดในระดับสเกลนั้นไม่ชัดเจน แนวทางการแก้ไขสามารถทำได้โดยชี้แจงให้ทราบว่าหากการออกแบบดังกล่าวยังไม่สอดคล้องกับสมมุติฐาน และไม่มีขนาดสเกลบอกกลุ่มนั้นจะยังไม่สามารถนำอุปกรณ์ไปทำการประดิษฐ์ได้

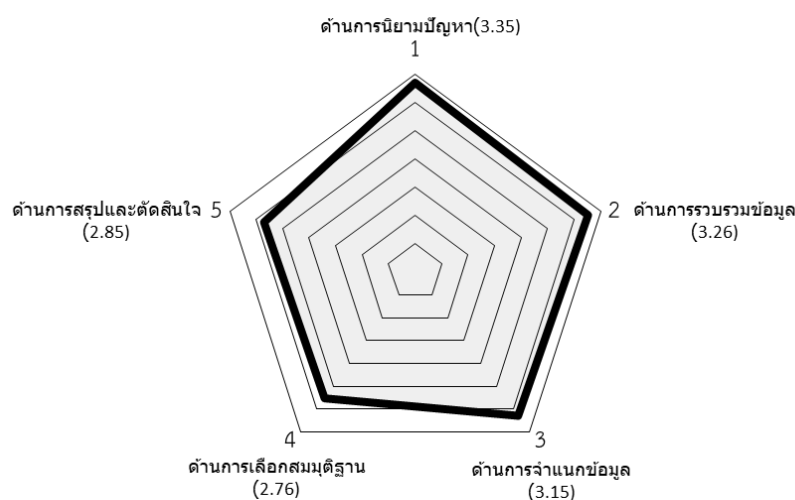
3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 พบว่านักเรียนทำสิ่งประดิษฐ์เสร็จเร็วขึ้นมาก และทุกกลุ่มได้นำสิ่งประดิษฐ์ของตนเองมาทดลอง โดยได้มีการนำไปปรับแก้ไขทุกกลุ่ม เช่นเดียวกันและพบว่าการนำเสนออันมีทุกกลุ่มให้ความสนใจ มีการถามคำถามและโต้ตอบ รวมถึงตอบคำถามครูได้ค่อนข้างครบถ้วน ในส่วนของปัญหาพบว่ามีกลุ่มที่ทำการนำเสนอชิ้นงานและพบว่าชิ้นงานทำงานไม่ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด แนวทางการแก้ปัญหาแนะนำและชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงวิธีการนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษาจากก่อนหน้านี้นำมาทำการอธิบายหลักการทำงาน

3.2 ทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนครบทั้ง 3 (ภาพประกอบ 7)



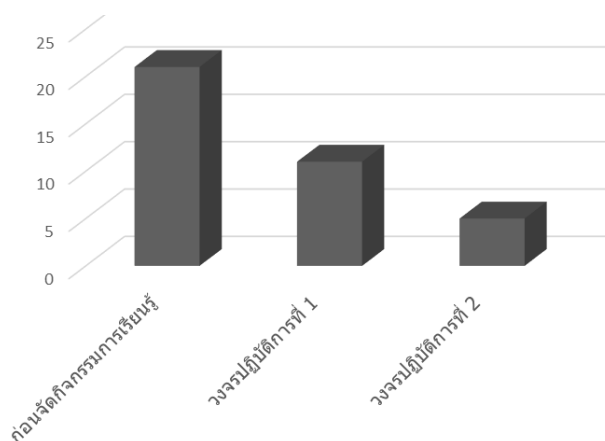
ภาพประกอบ 7 จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบ 7 พบว่าหลังจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งหมด 5 คน คิดเป็นร้อยละ 14.71 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ลดลงจากเดิมที่มีทั้งหมด 21 คน ในช่วงก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และ 11 คน หลังจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้ทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกเป็น 5 ด้าน ด้านละ 4 คะแนน(ภาพประกอบ 8)



ภาพประกอบ 8 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

การวิเคราะห์ในแต่ละด้านพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านเท่ากับ 3.35 3.26 3.15 2.76 และ 2.85 สำหรับด้านการนิยามปัญหา ด้านการรวบรวมข้อมูล ด้านการจำแนกข้อมูล ด้านการเลือกสมมติฐาน และด้านการสรุปและตัดสินใจตามลำดับ จากข้อมูลจะพบว่าด้านการสรุปและตัดสินใจได้คะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเหมือนตอนก่อนจัดการเรียนรู้ ส่วนด้านการรวบรวมข้อมูลเป็นด้านที่มีค่ามากที่สุดเหมือนกับหลังวงจรการปฏิบัติการที่ 1 และพบว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกๆ ด้าน นอกเหนือจากนั้นพบว่าจำนวนนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 21 คนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เหลือ 11 คน หลังจากจบวงจรปฏิบัติการที่ 1 และเหลือ 5 คนหลังจากจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังแสดงให้เห็นดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในแต่ละช่วงของการทำวิจัย

4. ข้อเสนอผลการปฏิบัติ

จากการสังเกตพฤติกรรมจากแบบบันทึกหลังแผนการสอนและสัมภาษณ์นักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 12

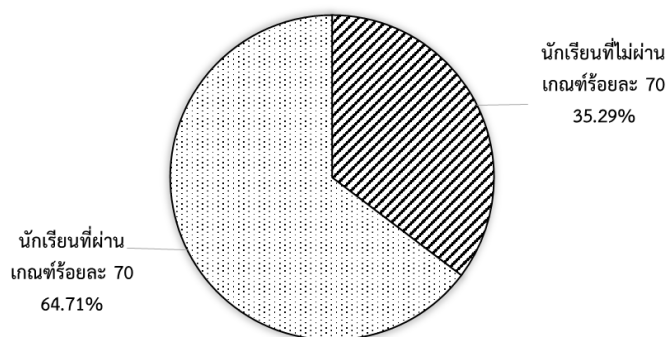
ตารางที่ 12 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
<p>ด้านการจัดกิจกรรม</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้เรียนไม่ได้เนื้อหาจากการเรียนในคาบที่มีการประดิษฐ์และนำเสนอ 2. ผู้เรียนไม่เห็นถึงความสำคัญของการระบุปัญหา และรวบรวมข้อมูล 3. ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานไม่ละเอียด และไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน 4. ผู้เรียนไม่สามารถอธิบายได้หากชิ้นงานไม่ทำงาน 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สอนและผู้เรียนทำการสรุปร่วมกันในตอนจบคาบ 2. ผู้วิจัยชี้แจงว่าถึงความสำคัญของการทราบถึงปัญหา และการรวบรวมข้อมูลเพื่อมาทำการแก้ปัญหาดังกล่าว 3. ชี้แจงว่าจะได้อุปกรณ์เมื่อออกแบบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ 4. ผู้สอนแนะนำถึงจุดเชื่อมโยงของความรู้ที่เรียนและการทำงานของสิ่งประดิษฐ์
<p>ด้านครูผู้สอน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สอนยกตัวอย่างไม่เพียงพอ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้สอนนำตัวอย่างมาเพิ่มในการทำกิจกรรม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ภายหลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยใช้เครื่องมือในการวัดคือแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์แบบ 4 ตัวเลือก ผลการวัดแบ่งเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ

1. ผลสัมฤทธิ์หลังวงจรปฏิบัติการที่ 1

หลังจากทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบรอบ 1 วงจรปฏิบัติการซึ่งครอบคลุมเนื้อหา 3 แผนการจัดการเรียนรู้คือ เรื่องแรงและงาน, เรื่องพลังงานกล และเรื่องกฎอนุรักษ์พลังงาน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ในเนื้อหาสาระดังกล่าว ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นในภาพประกอบ 10

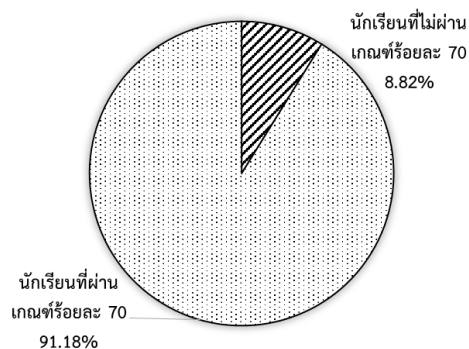


ภาพประกอบ 10 จำนวนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจารณ์ญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพประกอบ 10 แสดงให้เห็นถึงจำนวนของนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 35.29 ของนักเรียนทั้งหมด โดยมีจำนวนที่ลดลงจากกลุ่มเป้าหมายซึ่งมีจำนวน 20 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 58.82 ของนักเรียนทั้งหมด

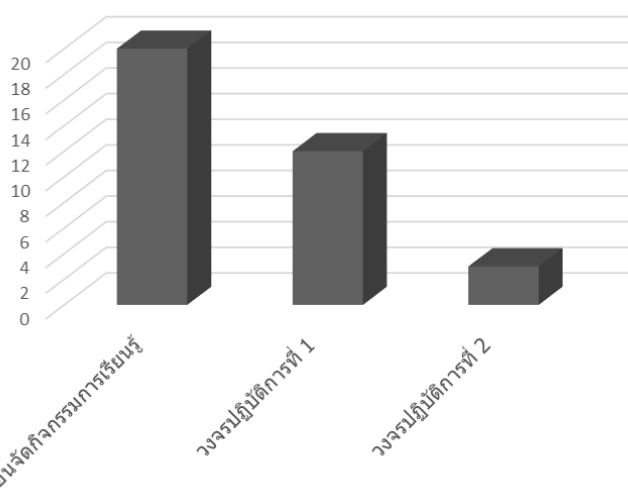
2. ผลสัมฤทธิ์หลังวงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังจากทำการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยก็ได้ทำการจัดกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งครอบคลุมเนื้อหา 3 แผนการจัดการเรียนรู้คือ กำลัง, เครื่องกลอย่างง่าย และประสิทธิภาพของเครื่องกล จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผลสัมฤทธิ์ในเนื้อหาสาระดังกล่าว ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพประกอบ 11



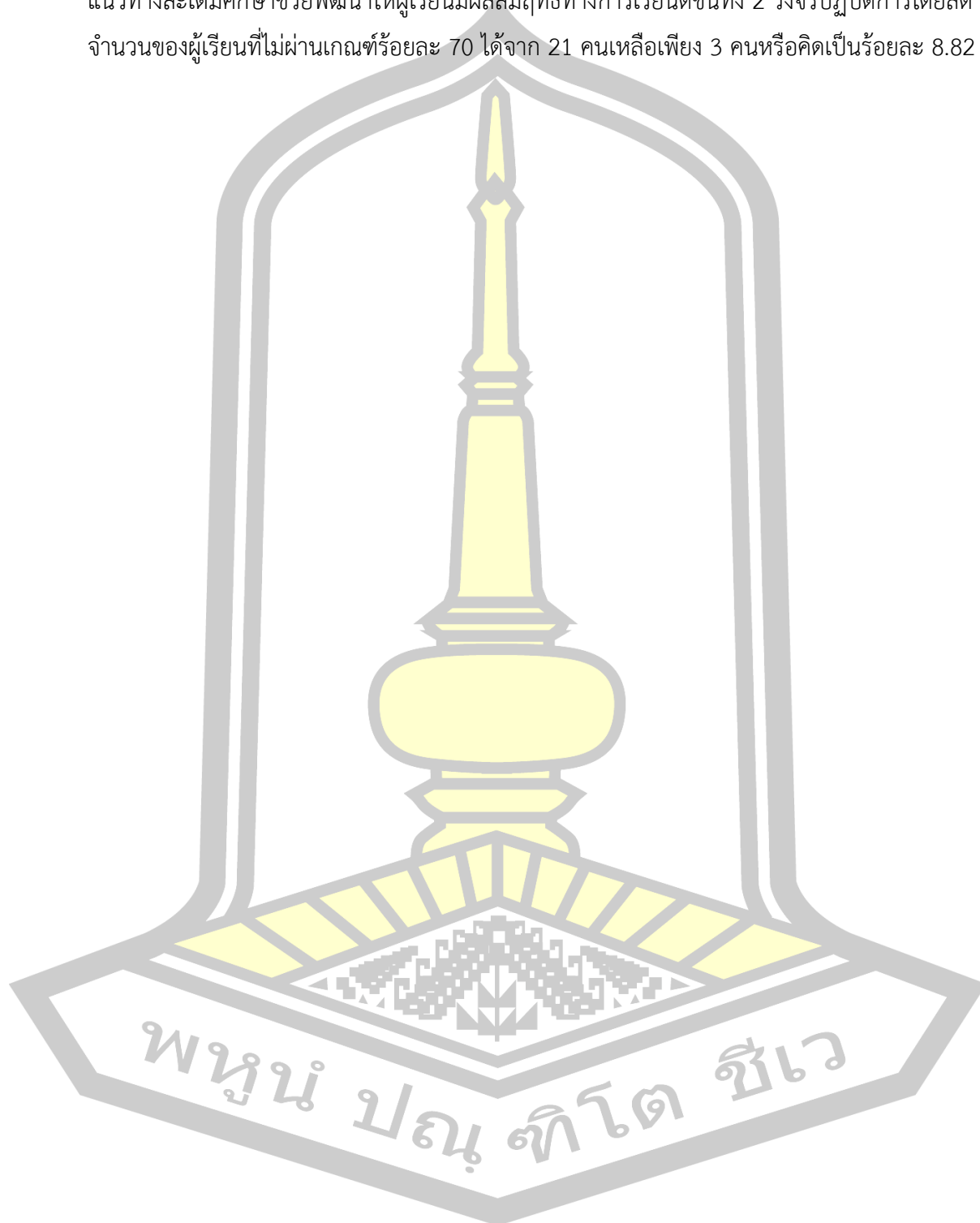
ภาพประกอบ 11 จำนวนคนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบ 11 แสดงให้เห็นถึงจำนวนของนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ร้อยละ 70 จำนวน 3 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 8.82 ของนักเรียนทั้งหมด โดยมีจำนวนที่ลดลงจากวงจรการปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งมีจำนวน 12 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 35.29 ของนักเรียนทั้งหมด ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในแต่ละช่วงของการทำวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการโดยลด
จำนวนของผู้เรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้จาก 21 คนเหลือเพียง 3 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 8.82



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผล ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ โดยพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนลดลงดังนี้ ก่อนจัดการเรียนรู้มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 21 คน จากนั้นภายหลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 11 คน และหลังจากจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 5 คน จากนักเรียน 34 คน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ โดยพบว่าจำนวน

นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนลดลงดังนี้ ก่อนจัดการเรียนรู้มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 20 คน จากนั้นภายหลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 12 คน และหลังจากจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 3 คน จากนักเรียน 34 คน

อภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ทำการอภิปรายผลการวิจัยไว้ทั้งหมด 2 ประเด็นดังนี้

1. การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยได้แบ่งเป็น 2 วงจรการปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 12.94 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.70 จากคะแนนทั้งหมด เมื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์เป็นรายด้านพบว่า มีผลคะแนนเฉลี่ยในด้านการนิยามปัญหา ด้านการรวบรวมข้อมูล ด้านการจำแนกข้อมูล ด้านการเลือกสมมุติฐาน และด้านการสรุปและตัดสินใจ เท่ากับ 3.21, 3.09, 3.00, 1.97, และ 1.88 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในด้านการนิยามปัญหาเป็นด้านที่มีคะแนนสูงที่สุดและคิดเป็นร้อยละ 80.15 จากคะแนนเต็ม ทั้งนี้อาจเพราะเป็นผลเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เห็นความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในชั้นที่ 1 ชั้นสร้างความสนใจของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นชั้นที่มีการฝึกฝนให้ตัวผู้เรียนทำการกำหนดและระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดเอาไว้ ก่อนที่จะเชื่อมโยงสถานการณ์ดังกล่าวเข้าสู่บทเรียนที่จะทำการศึกษาในชั่วโมงเรียนต่อไป เมื่อเกิดการฝึกฝนเช่นนี้แล้วจึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาเรื่องทักษะในการระบุปัญหาในตัวของผู้เรียน อีกทั้งยังเกิดจากการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ให้กับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการฝึกฝนในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวก่อนที่จะเชื่อมโยงไปสู่วิธีการแก้ปัญหาในท้ายที่สุด ซึ่งจากการฝึกให้ตัวผู้เรียนได้ทำการกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่พบนี้เองที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะในด้านการนิยามปัญหาเกิดขึ้นได้ (ชนธิชา ปะนัดโส, 2555) ในด้านการรวบรวมข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.21 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และในด้านการจำแนกข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าเป็นเหตุเนื่องมาจากในชั้นที่ 2 ชั้นสำรวจและค้นคว้า นักเรียนจะได้ทำการค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเอง มีการรวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ รวมไปถึงการสอบถามและพูดคุยระหว่างตัวผู้เรียนเองภายในกลุ่ม

เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการจัดกิจกรรมที่ถูกระแวกคิดของสะเต็มศึกษาเข้าไปในโดยการบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่ผู้เรียนจะต้องจำแนกข้อมูลที่ทำกรรวบรวมมาเพื่อนำไปใช้ในการสรุปในขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป จึงเป็นเหตุให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญในการค้นคว้าข้อมูลเนื่องจากข้อมูลดังกล่าวจะมีบทบาทในการสร้างชิ้นงานเพื่อทำการแก้ปัญหา โดยการที่ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะดังกล่าวนี้เองที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในการดำเนินการรวบรวมข้อมูล และจำแนกความสำคัญของข้อมูลมากยิ่งขึ้น ซึ่งพบว่าการค้นคว้าด้วยตัวนักเรียนเองก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ตัวผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และประสบการณ์โดยอาศัยทักษะการค้นคว้าและวิเคราะห์จำแนกข้อมูล เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ในท้ายที่สุด (ชนธิชา ปะนัดโส, 2555)

จากคะแนนเฉลี่ยทั้ง 5 ด้านที่แสดงจะเห็นมีทั้งหมด 2 ด้านที่มีคะแนนไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มคือด้านการเลือกสมมุติฐาน และด้านการสรุปและตัดสินใจ โดยมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 49.26 และ 47.06 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนในขั้นที่ 4 ขยายความรู้เป็นขั้นที่มีการมีการแทรกแวกคิดของสะเต็มศึกษาเข้าไปในโดยการบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม จากการออกแบบ โดยจะต้องให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานขึ้นมาจากปัญหาที่ได้รับไว้ในตอนต้น สาเหตุที่ทำให้คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณใน 2 ด้านนี้นั้นมีค่าน้อยอาจจะมีสาเหตุมาจากตัวผู้เรียนยังไม่เห็นถึงความสำคัญในการตั้งสมมุติฐาน เพราะตัวผู้เรียนมีความสนใจที่จะสร้างชิ้นงานก่อน เนื่องจากการทำกิจกรรมดังกล่าวทำให้ผู้เรียนรู้สึกตื่นเต้นเป็นอย่างมาก ในขั้นตอนของการสร้างสมมุติฐานจึงยังไม่ถูกฝึกฝนเท่าที่ควรจะเป็นส่งผลให้คะแนนของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าน้อย เพราะการกำหนดสมมุติฐานเป็นเสมือนการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาไตร่ตรองถึงความสำคัญของข้อมูลและความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล ถ้าผู้เรียนพิจารณาไตร่ตรองข้อมูลไม่ถูกต้อง ผู้สอนต้องสร้างแรงจูงใจ และให้แนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนลองกลับไปสืบเสาะค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมแล้วนำมาพิจารณาไตร่ตรองใหม่อีกครั้ง เพื่อลงสู่การค้นพบและลงข้อสรุปและตัดสินใจได้เพื่อพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อไป (ชาติรี เกิดธรรม, 2546) ส่วนด้านของการสรุปและตัดสินใจ ผู้วิจัยมีความเห็นว่าถึงแม้ในขั้นที่ 4 ขยายความรู้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นจะมีการจัดกิจกรรมที่แทรกแวกคิดสะเต็มศึกษาให้ผู้เรียนได้นำเอาข้อมูลต่างๆ ที่ทำการค้นคว้ามาด้วยตนเองมาทำการสร้างชิ้นงานตามแนวคิดทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาโดยอาศัยการบูรณาการทั้ง 4 วิชาแล้วนั้น เนื่องจากการจัดกิจกรรมที่ไม่ค่อยคุ้นเคยกับตัวผู้เรียนถึงแม้ว่าผู้เรียนจะมีข้อมูลแต่ก็ยังไม่สามารถที่จะนำไปลงข้อสรุปหรือเชื่อมโยงความรู้ได้ จึงควรที่จะถูกระตุ้น โดยการใช้การตั้งคำถาม การแนะนำแหล่งข้อมูลต่างๆ

และอาศัยการเพิ่มประสบการณ์ไปเรื่อยๆ จึงจะทำให้ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านนี้ของผู้เรียนมีค่าสูงขึ้น (กฤษณา โลหการก, 2560) ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้คะแนนในด้านของการสรุปและตัดสินใจยังไม่ผ่านเกณฑ์

วงจรถอบปฏิบัติกรที่ 2 เมื่อทำการแก้ปัญหา และปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการทำการสอนในวงรอบปฏิบัติกรที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 15.26 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.32 จากคะแนนทั้งหมด เมื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์เป็นรายด้านพบว่า มีผลคะแนนเฉลี่ยในด้านการนิยามปัญหา ด้านการรวบรวมข้อมูล ด้านการจำแนกข้อมูล ด้านการเลือกสมมุติฐาน และด้านการสรุปและตัดสินใจ เท่ากับ 3.35, 3.26, 3.15, 2.76, และ 2.85 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในด้านการนิยามปัญหาเป็นด้านที่มีคะแนนสูงที่สุดและคิดเป็นร้อยละ 83.82 จากคะแนนเต็ม โดยเพิ่มขึ้นมาจากหลังจบวงรอบที่ 1 คือร้อยละ 80.15 ในด้านการรวบรวมข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 81.62 โดยเพิ่มมาจากร้อยละ 77.21 ของคะแนนเต็มในวงรอบที่ 1 และในด้านการจำแนกข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 78.68 จากเดิม ร้อยละ 75.00 จากวงรอบที่ 1 โดยผู้วิจัยคิดเห็นว่าการพัฒนาของคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในแต่ละด้านของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณดังกล่าว เป็นผลเนื่องมาจากในขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นคว้า และขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป ที่ผู้เรียนได้รับการจัดกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องเป็นผู้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้น และทำการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเองทั้งหมดเพื่อสรุป โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำมาก่อนหน้านี้แล้วในวงจรถอบปฏิบัติกรที่ 1 นอกจากนี้นักเรียนจะได้ทำการค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองแล้ว กิจกรรมยังออกแบบมาให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของการรวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพราะจะต้องนำข้อมูลไปใช้ในการจัดกิจกรรมที่ถูกแทรกแนวคิดของสะเต็มศึกษาเพื่อสร้างชิ้นงานมาแก้ปัญหา จึงส่งผลในทักษะทั้ง 3 ด้านของผู้เรียนเกิดการพัฒนาขึ้นอย่างชัดเจนเพราะได้รับการฝึกฝนที่ต่อเนื่อง เนื่องจากความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะต้องเกิดขึ้นจากการฝึกฝนจากกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะในแต่ละด้านอย่างต่อเนื่อง และครบถ้วน (กฤษณี เพ็ชรทวีพรเดช, 2558) จากคะแนนเฉลี่ยทั้ง 5 ด้าน ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างน้อยคือด้านการเลือกสมมุติฐานซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 70.02 จากคะแนนทั้งหมด โดยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 49.26 และด้านการสรุปและตัดสินใจ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 71.32 เพิ่มขึ้นมาจากร้อยละ 47.06 ที่เป็นเช่นนี้เพราะผู้สอนได้ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยได้มีการเน้นให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของการตั้งสมมุติฐานมากขึ้น โดยในขั้น 4 ขั้นขยายความรู้ก่อนที่นักเรียนจะทำการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ผู้สอนได้เพิ่มกติกาโดยการให้นักเรียนสร้างสมมุติฐาน

ขึ้นมาก่อนจึงจะสามารถนำมาแลกเปลี่ยนเพื่อไปทำการสร้างชิ้นงานของตนเองได้ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการฝึกการตั้งสมมุติฐานมากขึ้น อีกทั้งเนื่องจากในตอนท้ายของการจัดการเรียนการสอนในชั้นที่ 4 ขยายความรู้ซึ่งเป็นชั้นที่มีการมีการบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ให้ผู้เรียนสร้างชิ้นงานขึ้นมาจากปัญหา และจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของสถานการณ์ และข้อจำกัดของอุปกรณ์ ผู้เรียนจะต้องทำการ นำเอาข้อมูล และข้อสรุปของตนต่างๆ ที่ทำการค้นคว้ามาทำการสร้างชิ้นงานให้ออกมาตรงตามความต้องการของกลุ่มตัวเองมากที่สุด โดยเกิดการพัฒนาดังกล่าวขึ้นได้เนื่องจากทักษะทั้ง 2 ด้านต้องอาศัยกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกเชื่อมโยงความรู้ และนำความรู้ที่ได้วิเคราะห์มาแล้วตกลูกก่อนจะนำไปต่อยอด และการกระตุ้นด้วยปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านการคิดเพิ่มสูงขึ้น (สำราญ ดวงตาน้อย, 2557)

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้ เนื่องจากหลังจากจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่ามีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 29 คน จากนักเรียนทั้งหมด 34 คน ซึ่งเหลือนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการที่ความคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะขั้นสูง ซึ่งทักษะการคิดขั้นสูงมักจะประกอบไปด้วยการกระทำบ่อยๆ มากมาย และมีขั้นตอนในการแสดงออกมากกว่าทักษะการคิดขั้นต้นๆ (ทีศนา แชมมณี, 2559) โดยเฉพาะในองค์ประกอบบางด้านที่จะต้องอาศัยการเชื่อมโยงข้อมูล รวมถึงเวลาในการฝึกฝนของตัวผู้เรียนเพื่อที่จะพัฒนา เพราะต้องอาศัยการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ได้เรียนรู้ไป และรับเอาความรู้สึกพึงพอใจที่ได้เรียนรู้นั้น มาให้คุณค่าก่อนจะนำไปใช้ในชีวิตประจำวันจนกระทั่งพัฒนาเป็นลักษณะนิสัย (ศิวนภรณ์ สองแสน, 2557) แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยชิ้นนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เนื่องจากจำนวนของผู้ที่มีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีจำนวนลดลงในแต่ละวงรอบอย่างชัดเจนและมีแนวโน้มที่จะลดลง หากมีการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่องต่อไป (Soros et al., 2018) โดยพบว่าในงานวิจัยส่วนใหญ่แล้วมีระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ต่ำกว่า 14 ชั่วโมง (พิทพจน์ พิทักษ์, 2562; วิชชาวุธ อุนสิม, 2560) จึงอาจจะเป็นผลให้นักเรียนที่มีปัญหาทั้ง 5 คนที่เหลือยังไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัยครั้งนี้

2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของ

คะแนนเต็ม โดยผลการวัดคะแนนผลสัมฤทธิ์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่ามีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยเท่ากับ 10.88 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 54.41 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และเพิ่มขึ้นเป็น 13.64 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 63.24 และมีภายหลังวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่ามีมีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยเท่ากับ 14.65 คิดเป็นร้อยละ 73.24 ของคะแนนเต็ม และจากข้อมูลพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการอย่างเห็นได้ชัด โดยลดจากกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนทั้งสิ้น 20 คนเหลือ 12 คนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และเหลือ 3 คนหลังวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าสาเหตุอาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลดีในด้านการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเนื่องจากมีกิจกรรมที่เอื้อให้ผู้เรียนได้ทำการสะสมประสบการณ์จากการศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง และมีบทบาทที่สำคัญในการสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตนเอง อีกทั้งยังมีกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนจะต้องนำองค์ความรู้และประสบการณ์ดังกล่าวไปทำการต่อยอดเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นอกเหนือจากนั้นแล้วยังมีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงจากกิจกรรมตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่อนุญาตให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและใช้ความรู้ความสามารถ และองค์ความรู้ที่ตกผลึกจากการค้นคว้าด้วยตนเองก่อนจะสรุปผล ในการแก้ปัญหาอย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่บอกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะมีการมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผล หาข้อสรุป โดยให้ค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง (ชาตรี เกิดธรรม, 2546) และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้ผู้เรียนได้นำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทั้งการสังเกต การรวบรวมปัญหา การคิดวิเคราะห์และอธิบายข้อมูล จากการเรียนรู้ในห้องเรียนและการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม จนนำไปสู่การเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเองในที่สุด ซึ่งผลการวิจัยของ สุเมธ เนาว์รุ่งโรจน์ (2561) ไชยรัตน์ สุริยคุปต์ (2555) และ กุสุมา สุวรรณโณ,(2554) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ส่งผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพินิจส์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาของผลสัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามแนวความคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยในแต่ละขั้นผู้เรียนจะได้ใช้การบูรณาการใน 4 สหวิชา ทำให้ผู้เรียนได้รับการกระตุ้น เพื่อให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้และการทำงานแบบกลุ่ม (เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง, 2561) ส่งผลให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนในเกิดการพัฒนาตั้งแต่กระบวนการรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลมาวิเคราะห์ สรุป และตัดสินใจนำเอาข้อมูลไปใช้เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งการนำเอาแนวคิด

สะเต็มศึกษามาใช้ทำให้ ผู้เรียนสามารถบูรณาการเนื้อหาสาระต่างๆ เข้าด้วยกันได้อย่างหลากหลาย ก่อนจะนำองค์ความรู้ที่สรุปได้ด้วยตนเอง ไปใช้แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและต่อยอดความคิดในการแก้ปัญหาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกัน (สุธารส อินสำราญ และศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2560) ดัชนีวิจัยของ วิชิตชนา จิตรรักศิลป์ (2559) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงานซึ่งพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ผลจากงานวิจัยชิ้นนี้ยังแสดงให้เห็นว่าหลังจากจบวงจรการปฏิบัติการที่ 2 ยังคงมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งนี้อาจจะมีเหตุผลมาจากระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สั้นเกินไปเมื่อเทียบกับงานวิจัยชิ้นอื่นๆ เนื่องจากระยะเวลาของผู้วิจัยที่มีเวลาจำกัดในการทำวิจัยครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัยเองก็มีแนวโน้มในการเกิดการพัฒนาของผลสัมฤทธิ์ในวิชาฟิสิกส์ที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1.1 การออกแบบกิจกรรมควรให้มีความน่าสนใจ โดยเฉพาะการค้นหา และสรุปข้อมูล
- 1.2 ควรมีการมอบหมายงานให้ชัดเจนและวางเงื่อนไขการปฏิบัติงาน
- 1.3 ควรมีการกำหนดเวลาที่ชัดเจน รวมไปถึงการคำนึงถึงบทเรียนที่จะนำไปใช้สอน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้น่าสนใจมากขึ้น โดยนำเอาเหตุการณ์ที่เป็นจุดสนใจของสังคมในขณะนั้นมาปรับใช้เป็นสถานการณ์ และออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายๆ ในชีวิตประจำวัน

2.2 ควรพัฒนาทักษะกระบวนการคิดอื่นๆ นอกเหนือจากการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณ

2.3 ควรมีการนำเอาแนวทางของสะเต็มไปปรับใช้กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อื่นๆ เช่นกิจกรรมชุมนุม หรือวิชาอื่นๆนอกเหนือจากฟิสิกส์

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอ้อม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 18(4), 334-348.
- กรรณิกา ชันธบัณชิต. (2551). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ เบื้องต้นและทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- กฤษณา โลหการก. (2560). การศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชาวเขาเผ่าม้ง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดตาก. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 11(2), 28-41.
- กอบวิทย์ พิริยะวัฒน์. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลวิธีเมตาคognition ในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์. *สิ่งแวดล้อมศึกษา-สสท*, 2(4), 117-127.
- กุนขรี เพ็ชรทวีพรเดช. (2558). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*, 5(2), 24-32.
- กุสุมา สุวรรณโณ. (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมเสริมประสบการณ์การเรียนรู้เรื่องเรียนรู้หลักการฟิสิกส์จากของเล่นพื้นบ้านโดยวิธีการสืบเสาะหาความรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 30(1), 112-119.
- เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจ ต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 29(3), 148-158.
- จรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 8(1), 62-72.

- จินดา แก้วคงดี. (2542). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ส่งเสริมการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จิระ ว่องไววิริยะ. (2556). ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การเรียนรู้กระบวนการ
 เผชิญสถานการณ์ในสาระพัฒนาสังคมและชุมชนของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นศูนย์
 การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยอำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง. มหาวิทยาลัย
 ราชภัฏรำไพพรรณี.
- จิรนนท์ วัชรกุล. (2546). ผลของการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.
 สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชนธิชา ปะนัดโส. (2555). การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อความสามารถในการ
 คิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสารและสมบัติของสารของนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาตรี เกิดธรรม. (2546). เทคนิคการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ไชยรัตน์ สุริยคุปต์. (2555). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ว30202 ชั้นมัธยมศึกษา
 ปีที่ 4 โดยใช้ชุดการเรียนรู้แบบแผนผังมโนเมตริก่วมกับกระบวนการสอนสืบเสาะหาความรู้
 แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 35(1), 33–37.
- ณัฐพงศ์ มณีโรจน์ และประสาท เนืองเฉลิม. (2560). ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้แบบ
 สืบเสาะหาความรู้เป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. การประชุมวิชาการเสนอมผลงานวิจัย
 บัณฑิตศึกษาระดับนานาชาติ, 1856–1860.
- ทิตนา แคมมณี. (2559). ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.
 พิมพ์ครั้งที่ 11 กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นवलลอ ทินานนท์. (2545). การคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. วารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรี
 นครินทรวิโรฒ, 10(2), 36–42.
- นันทกา แสนคาภา. (2550). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทาง
 วิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการ
 จัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบค่ายเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากธรรมชาติกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

- นัสรินทร ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- นิพนธ์ วงศ์เกษม. (2534). ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดวิจารณ์ญาณและความสนใจในอาชีพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดดอนตูม จังหวัดราชบุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บังอร ภัทรโกมล. (2541). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2552). พื้นฐานการวิจัยการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5 กางสีนรุ้: ประสานการพิมพ์.
- บุญฤดี แซ่ลือ. (2545). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). การพัฒนาการคิด. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: เทคนิคพรินติ้ง.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2556). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วารสารวิชาการแพรวากาฬลินธุ์มหาวิทยาลัยกาฬลินธุ์, 3(3), 129-141.
- ปิยพร คำสุวรรณ และชลธิป สมานิติ. (2558). ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสำหรับเด็กปฐมวัยที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหา. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 30(3), 175-185.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49-56.
- พรศรี ดารุ่งสวรรค์. (2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา.
- พิทพนธ์ พิทักษ์. (2562). การพัฒนารูปแบบการสอนพิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาพิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์*, 6(1), 39–52.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ:แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ไพรัตน์ คำปา. (2541). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ความรู้ โดยเน้นการเรียนรู้ร่วมกัน*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มนตรี จุฬาวัดนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สลวท*, 42(185), 14–18.
- โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. (2561). *รายงานผลการดำเนินงานกลุ่มวิชาการโรงเรียนผดุงนารี ปีการศึกษา 2561*. มหาสารคาม.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วนิดา ปานโต. (2543). *การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีการตรวจให้คะแนนและจำนวนข้อของแบบทดสอบต่างกัน*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). ความรู้และความเข้าใจของผู้ปกครองที่มีต่อการบูรณาการการสอนสะเต็มศึกษาด้วยศิลปะและจริยธรรม (ESTEAM): กรณีศึกษาโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายประถม). *วารสารเกษมบัณฑิต*, 17(2), 97–115.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี- สฤษดิ์วงศ์.

วิชชาวุธ อุ๋นสิม. (2560). ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษารายวิชาฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้าสถิตที่ส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5. *การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4*.

วิรัชชณา จิตรรักศิลป์. (2559). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง แรงการเคลื่อนที่และพลังงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอนมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 10(27), 87-97.

วีณา ประชากุล ประสาท เนื่องเฉลิม. (2561). การบูรณาการในนิยามเบื้องต้นของสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 12(2), 313-317.

วีณา ประชากุล และประสาท เนื่องเฉลิม. (2554). *รูปแบบการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ. (2544). *ฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวภรณ์ สองแสน. (2557). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาสาขาการศึกษาปฐมวัยโดยรูปแบบ MAPLE. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 3(8), 111-129.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพแนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: อินเทอร์เน็ตดูเคชั่นซัพพลายส์.

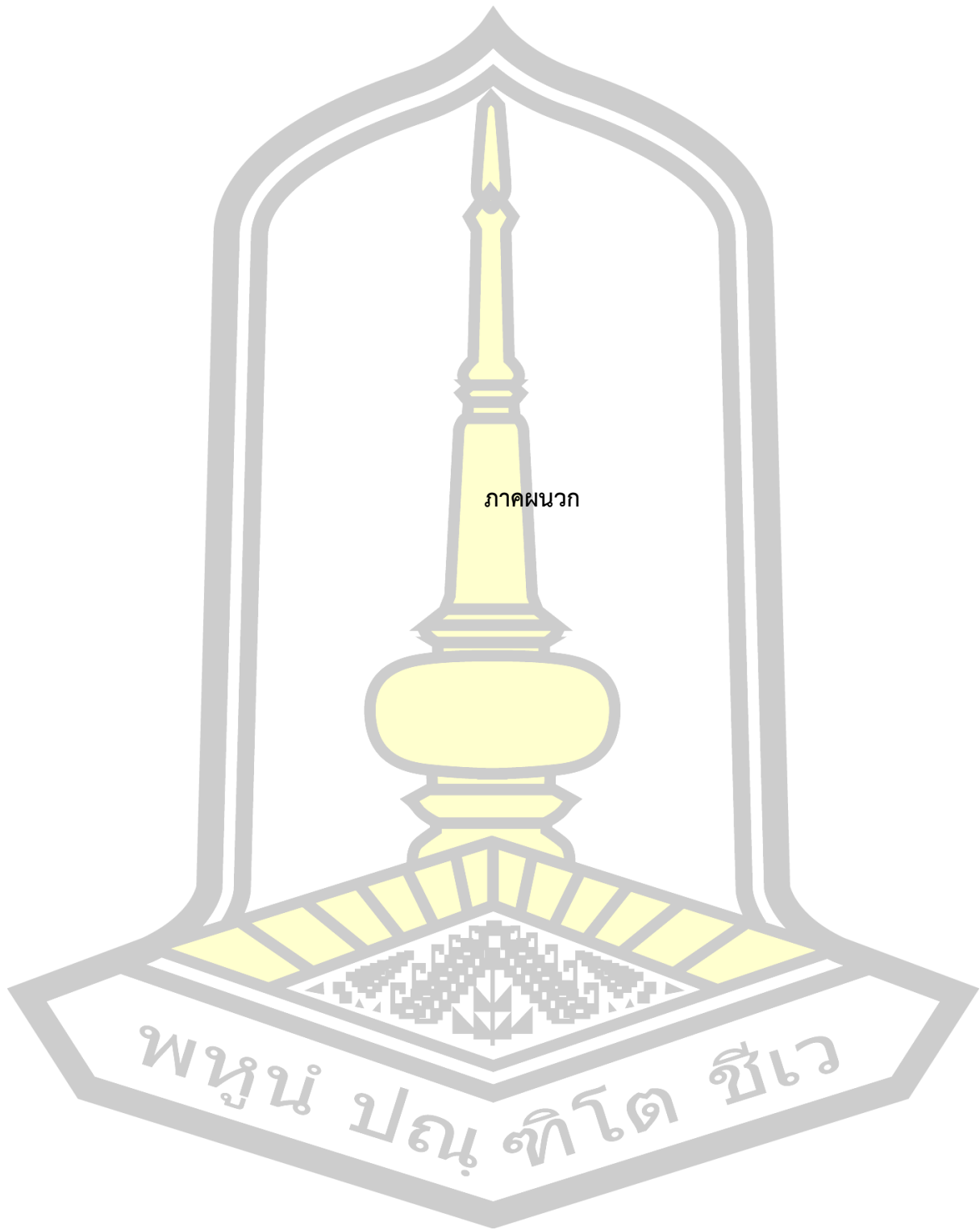
สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. *นิตยสาร สสวท*, 42(189), 7-10.

สมนึก ภัททิยธนี. (2537). *การวัดผลการศึกษา*. มหาสารคาม: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สัณหวิษ สอนท่าโก. (2550). การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สาวิตรี เครือใหญ่. (2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณ์ญาณ ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบ 5E ด้วย วงจรการเรียนรู้กับการสอนที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สำราญ ดวงตาน้อย. (2557). การคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle). วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 32(1), 91–98.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558ก). สะเต็มศึกษา : การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(3), 154–160.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558ข). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2):การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 272–283.
- สุธารส อินสำราญ และศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2560). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ กระบวนการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง สะพานข้ามคลองบางบัว. การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55, 101–108.
- สุนันทา สายวงศ์. (2544). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาด้วยการสอนโดยใช้เทคนิคหมวกหกใบและการสอน แบบซินดิเคท. มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. วารสาร นวัตกรรมการเรียนรู้, 42(186), 3–5.
- สุเมธ เนาว์รุ่งโรจน์. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม ที่จัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนห้วยยอด จังหวัดตรัง. วารสารนวัตกรรม การเรียนรู้, 4(1), 24–34.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). ครบเครื่องเรื่องความคิด. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

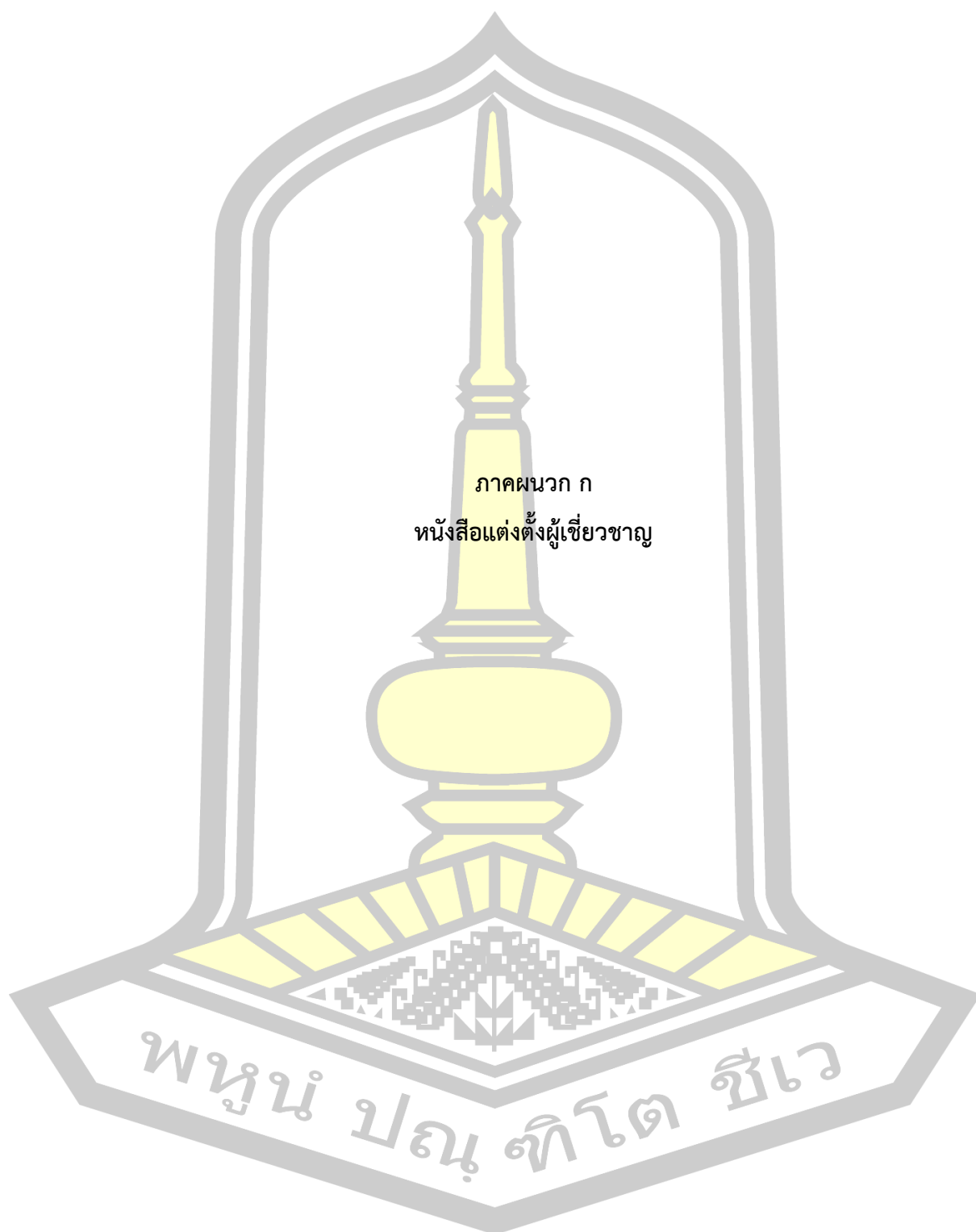
- อภิชาติ พัยคณิน. (2557). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยรูปแบบ 2(PCA)ในหน่วยการเรียนรู้สหวิทยาการเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 9(27), 77-90.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *นิตยสาร สสวท*, 42(185), 35-37.
- อรปวีณ์ สุตะพาหะ. (2546). ผลของการฝึกการเรียนรู้ตามแนวคิดของแมคคาร์ธี (4 MAT) ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสตรีรัตนทบุรี จังหวัดนนทบุรี. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อรุณี รัตน์วิจิตร. (2543). ผลของการฝึกการคิดวิจาร์ณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่าทางแนววิทยายน อำเภอแวงน้อย จังหวัดขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อุปกาล จีระพันธุ์. (2556). สะเต็มศึกษาของไทยสำหรับประเทศไทยหรือไม่. *นิตยสาร สสวท*, 42(185), 32-34.
- Alkhalidi, J. K. (2017). *The Impact of Using the 5E Learning Cycle on the Development of Habits of Mind and Critical Thinking Skills for the Primary Stage Students in Jordan*. 3(11), 164-172.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Dass, P. M. (2017). K-12 STEM Education. *K-12 STEM Education*, 1(1), 5-12. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3832-5>
- Decaroli, J. (1973). Critical Thinking. *Social Education*, 37, 67-69.
- Dressel, P.L., and Mayhew, L. B. (1957). *General Education: Explorations in Evaluation* (2nd ed.). Washington D.C.: American Council on Education.

- Duran, Meltem, & Dökme, I. (2016). The effect of the inquiry-based learning approach on student's critical-thinking skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(12), 2887–2908.
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.02311a>
- Duran, Mesut, & Sendag, S. (2012). A Preliminary Investigation into Critical Thinking Skills of Urban High School Students: Role of an IT/STEM Program. *Creative Education*, 03(02), 241–250. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.32038>
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, oktober, 44–48. Retrieved from
<https://pdfs.semanticscholar.org/80a7/c7d4a98987590751df4b1bd9adf747fd7aaa.pdf>
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill Book.
- Meyrick, K. M. (2011). How STEM education improves student learning. *Meridian K-12 School Computer Technologies Journal*, 14(1), 1–6.
- N. K. DeJarnette. (2012). America's Children: Providing Early Exposure to STEM (Science, Technology, Engineering and Math) Initiatives. *Education*, 133(1), 77–84.
- Soros, P., Ponkham, K., & Ekkapim, S. (2018). The results of STEM education methods for enhancing critical thinking and problem solving skill in physics the 10th grade level. *AIP Conference Proceedings*, 1923. <https://doi.org/10.1063/1.5019536>
- Togioka, S. (2012). Means Teacher Learning. *Kappan*, (September), 36–40.
- Watson, G. G. Z. E. M. (1964). *Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. New York: Brace and World Inc.
- White, D. W. (2014). What Is STEM Education and Why Is It Important? *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1–8.
<https://doi.org/10.1136/bmj.322.7301.1536>



ภาคผนวก

พหุ ประจักษ์วัต ชัยเว



ภาคผนวก ก
หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

พหุบัณฑิตยาลัย



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2502

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางจุไรรัตน์ อนุทัยยืน

ด้วย นายพีรตลย์ อ่อนสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดูตาม หลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อมีสิดจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หรือเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาธ เนืองเฉลิม)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์ โทรสาร 0-4371-3174

เบอร์โทรนิสิต 0642858285

พูน พูน ทิโต ชีเว



ที่ ศษ. 0530.9(2) / ว 2502

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา ผาระนิต

ด้วย นายพิรตลย์ ย่อนสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสพ เนื่องเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อยินดีจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โอบยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0642858285

พูน พูน ทิโต ชีเว



ที่ ศษ. 0530.9(2) / ว 2502

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

7 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายดุสิต วรรณธรรม

ด้วย นายพิรพลย์ อ่อนสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เมืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เมืองเฉลิม)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0642858285

พูน ปรนุ ทิโต ชีเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2502

7 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นายพิรตลย์ ย่อนสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ก.ค.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งรงค์ โยมยา)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พูน ปรนุ ทิโต ชีเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2502 7 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน

ด้วย นายพิรพัฒน์ ย่อนสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตร ก.ค.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องณิลม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อยินดีจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ โณณยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พูน ปรนุ ทิโต ชีเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2502

7 ธันวาคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฑาธิ์ เจริญอินทร์

ด้วย นายพิรตอ์ อ่อนสี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตาม หลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เมืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสร์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เรื่อง แรงและงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

1. ผลการเรียนรู้

วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย

2. สาระสำคัญ

งานทางฟิสิกส์ หมายถึง ผลที่เกิดจากแรงภายนอกกระทำต่ออนุภาคหรือวัตถุ แล้วทำให้อนุภาคหรือวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ตามแนวแรงนั้น (แต่ถ้ามีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่แรงที่มากระทำนั้นไม่ทำให้เกิดงาน) แต่ถ้าแรงที่กระทำมีทิศทางการทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่ งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า งานเป็นปริมาณ สเกลาร์ มีหน่วยจูล (J)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) นักเรียนสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแรงและงานได้
- 2) นักเรียนสามารถคำนวณหางานจากกรณีต่างๆ ได้
- 3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

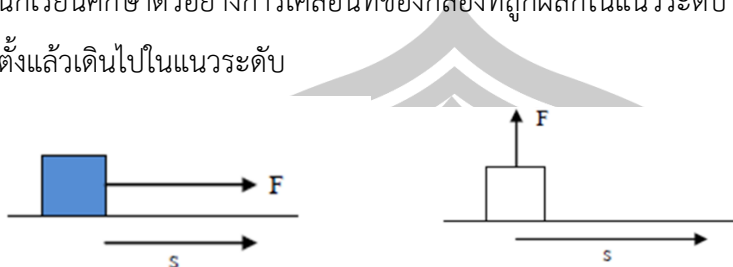
4. สาระการเรียนรู้

- แรงและงาน
- งานที่เกิดจากแรงที่ทำมุมกับแนวระดับ
- งานจากพื้นที่ใต้กราฟ

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้น 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 นักเรียนศึกษาตัวอย่างการเคลื่อนที่ของกล่องที่ถูกผลักในแนวระดับ และกล่องที่ถูกยกขึ้นในแนวตั้งแล้วเดินไปในแนวระดับ



1.2 ครูถามคำถามกับนักเรียนว่าขณะที่วัตถุแบบ 2 ลักษณะดังกล่าว หากนักเรียนเป็นคนที่ยกของนักเรียนคิดว่าในกรณีใดที่นักเรียนจะรู้สึกเหนื่อย และทั้ง 2 กรณีเกิดงานหรือไม่ (แนวคำตอบ เมื่อนักเรียนเคลื่อนย้ายกล่องในลักษณะทั้ง 2 กรณี นักเรียนจะรู้สึกเหนื่อยเนื่องจากนักเรียนได้ออกแรงเพื่อผลักวัตถุ แต่ในทางตรงกันข้ามแรงที่นักเรียนออกจะทำงานแค่ในแนวระดับเท่านั้น หรือตามความคิดเห็นของนักเรียน ในขั้นนี้ยังไม่ถูกผิด)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน และนักเรียนสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้ เรื่องงานที่เกิดจากแรงในแต่ละลักษณะ และทำแบบทดสอบย่อย

2.2 นักเรียนสืบค้นพร้อมอภิปรายกับเพื่อนภายในกลุ่มเพื่อตอบคำถามของครูว่า “งานที่ระยะการเคลื่อนที่ท่ามมกับแนวระดับจะต้องหางานอย่างไร”

(แนวคำตอบ ต้องทำการแตกแรงให้อยู่ในแนวเดียวกับระนาบการเคลื่อนที่เสียก่อน)

ขั้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

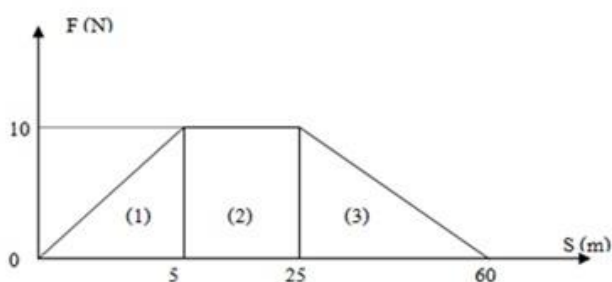
3.1 นักเรียนทำการสรุปความรู้เรื่องแรงและงาน โดยมีครูคอยให้คำแนะนำหากความรู้ที่สรุปยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์

3.2 นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสมการในการหางานจากลักษณะต่างๆ ลงในสมุด

ขั้น 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 ครูตั้งสถานการณ์ให้กับนักเรียนว่า “นักเรียนเป็นวิศวกรในบริษัทแห่งหนึ่ง (ตามกลุ่มของตนเอง)มีผู้ว่าจ้างที่ต้องการสร้างรถไฟเหาะให้กับสวนสนุกแห่งหนึ่ง โดยทางสวนสนุกจะคัดเลือกจากรถไฟเหาะที่สามารถวิ่งด้วยความเร็วที่จุดสุดท้ายได้สูงสุด จึงได้ทำการจัดการแข่งขันเพื่อหาแบบจำลองดังกล่าว (รถไฟจำลองต้องวิ่งอยู่บนรางอย่างน้อย 5 วินาที)”

4.2 ครูถามคำถามว่าหากกราฟของการเคลื่อนที่ขณะเบรกของรถไฟเหาะมีลักษณะดังรูป แรงที่ทำให้เกิดงานคือแรงอะไร และงานมีค่าเท่ากับเท่าใด



ชั้น 5. ชั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยการทำ Exit ticket (นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ลงในกระดาษ)

6.ประเมิน (Evaluation)

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
นักเรียนสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแรงและงานได้	การทดสอบ	แบบทดสอบย่อย	คะแนนได้ไม่ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์
นักเรียนสามารถคำนวณหางานจากกรณีต่างๆ ได้	การทดสอบ	แบบทดสอบย่อย	คะแนนได้ไม่ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์
นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	การสังเกต	แบบสังเกต	ได้คะแนนจากแบบสังเกตในเกณฑ์ดีขึ้นไป

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 ใบกิจกรรม

7.2 ใบความรู้

8. เอกสารอ้างอิง

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2551

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

9.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

9.2 อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

9.3 แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นายพีรตลย์ อ่อนสี)

ผู้สอน

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านความสนใจ	ตั้งใจฟังตั้งแต่เริ่มเรียน และให้ความร่วมมือไม่ พูดคุยกุยอกล้อกับ เพื่อน มีสมาธิในการ เรียนตลอด	ตั้งใจฟังตั้งแต่เริ่มเรียน แต่มีสมาธิหลุดบ้าง	ไม่สนใจฟังครูพูด หยอกล้อกับเพื่อน ตลอดเวลา
ด้านการตอบคำถาม	มีการยกมือตอบคำถาม ทุกครั้งที่ครูถาม หรือ ตอบอย่างเต็มใจและ ถูกต้องเมื่อครูเลือกให้ เป็นคนตอบ	ตอบคำถามที่ครูถาม เป็นบางข้อ	ไม่ตอบคำถามที่ครูถาม ในห้องเลย
ด้านการทำงานที่ได้รับ มอบหมาย	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและภายใน เวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายได้ครบถ้วน แต่เลยเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายไม่สำเร็จ หรือไม่ทำงานเลย

ลงชื่อ ผู้สังเกต

(.....)

เกณฑ์ประเมิน

ดีมาก = 5-6

ดี = 3-4

น้อย = 0-2

พหุ ประถมศึกษา

แบบทดสอบย่อยที่ 1

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. งานในทางฟิสิกส์ หมายถึงอะไร
 - ก. ผลลัพธ์จากแรงที่กระทำกับวัตถุให้เคลื่อนที่ในทุกๆกรณี
 - ข. ผลลัพธ์จากแรงที่กระทำกับวัตถุให้เคลื่อนที่ในทิศทางสวนกับแรง
 - ค. ผลลัพธ์จากแรงที่กระทำกับวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวแรง
 - ง. ผลลัพธ์จากแรงที่กระทำกับวัตถุให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวทำมุม 90 องศา
2. งานเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ชนิดใด

ก. ปริมาณเวกเตอร์และสเกลาร์	ข. ปริมาณสเกลาร์
ค. ปริมาณเวกเตอร์	ง. ผิดทุกข้อ
3. งานเป็นบวก เป็นลบ และงานเป็นศูนย์ ขึ้นอยู่กับอะไร

ก. ขึ้นอยู่กับทิศของแรงที่กระทำ	ข. ทิศของแรงกับทิศของการกระจัด
ค. ทิศของการกระจัด	ง. ทิศของความเร็ว
4. กิจกรรมที่ยกตัวอย่างต่อไปนี้ข้อใดมีงานเป็นบวก
 - ก. งานเนื่องจากแรงเสียดทานเมื่อเข็นรถจักรยานไปข้างหน้า
 - ข. งานที่เกิดจากแรงของซ่างเมื่อลากซุง
 - ค. งานที่เกิดจากซุงที่ลากซ่าง
 - ง. แบกกระสอบข้าวสารเดินไปข้างหน้า
5. จงหางานที่เกิดขึ้น เมื่อออกแรง 100 นิวตัน ลากกระสอบข้าวสารเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 10 เมตร

ก. 10 จูล	ข. 110 จูล
ค. 1000 จูล	ง. 0.1 จูล
6. ออกแรง 40 นิวตัน ดึงวัตถุที่วางบนพื้นราบเกลี้ยงในแนวทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามพื้นราบได้ไกล 25 เมตร งานของแรงที่ดึงวัตถุมีขนาดเท่าใด

ก. 666 จูล	ข. 766 จูล
ค. 866 จูล	ง. 966 จูล

7. จงพิจารณาว่าข้อใดเป็นสูตรแสดงความสัมพันธ์ของงานในการออกแรงดึง P ทำมุม α กับแนวระดับลากวัตถุไปได้ไกล b เมตร

ก. $P \times b$

ข. $P \times \cos \alpha \times b$

ค. $\cos \alpha \times b$

ง. $P \times \cos \alpha$

8. ครูโพิศ ออกแรงลากกล่องบนพื้นราบฝืดที่มีแรงเสียดทาน 15 นิวตัน ไปได้ไกล 5 เมตร ด้วยความเร็วคงที่ จงหางานของแรงเสียดทาน

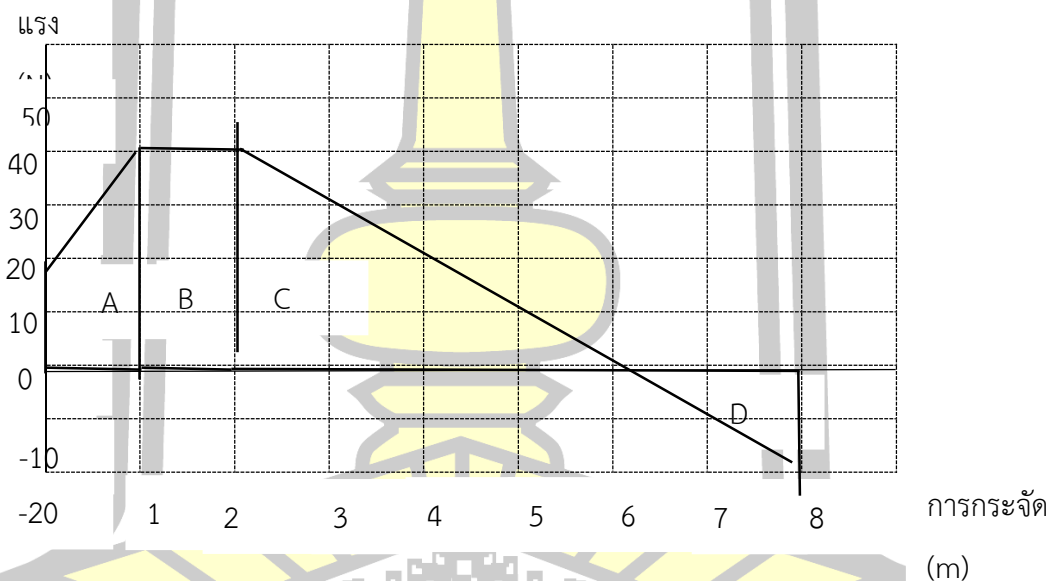
ก. 75 J

ข. 80 J

ค. 90 J

ง. 100 J

9. จงหางานจากกราฟต่อไปนี้ จงหางานที่ลากวัตถุไป 1 เมตร



ก. 1000 J

ข. 1200 J

ค. 1500 J

ง. 2000 J

10. จากกราฟข้อ 9 จงหางานที่ลากวัตถุไป 6 เมตร ว่ามีค่ากี่จูล

ก. 1150

ข. 1140

ค. 1130

ง. 1120

ใบงาน

จากสถานการณ์ที่กำหนดจงตอบคำถาม

“นักเรียนเป็นวิศวกรในบริษัทแห่งหนึ่ง (ตามกลุ่มของตนเอง)มีผู้ว่าจ้างที่ต้องการสร้างรถไฟเหาะให้กับสวนสนุกแห่งหนึ่ง โดยทางสวนสนุกจะคัดเลือกจากรถไฟเหาะที่สามารถวิ่งด้วยความเร็วที่จุดสุดท้ายได้สูงสุด จึงได้ทำการจัดการแข่งขันเพื่อหาแบบจำลองดังกล่าว (รถไฟจำลองต้องวิ่งอยู่บนรางอย่างน้อย 5 วินาที)”

ระบุปัญหาที่พบ หรือสิ่งที่จะสร้างขึ้นมา

ตั้งสมมุติฐาน

พูนุ ปรณ กิโต ชเว

ใบความรู้

1. งาน

เป็นผลอย่างหนึ่งซึ่งเกิดจากการออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตาม แนวแรงนั้น

เราสามารถหาขนาดของงานได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับการกระจัดตามแนวแรงนั้น เขียนเป็นสมการจะได้

$$W = F s$$



เมื่อ F คือแรง (นิวตัน)

s คือการกระจัดตามแนวแรงนั้น (เมตร)

W คืองาน (นิวตัน.เมตร หรือ จูล)

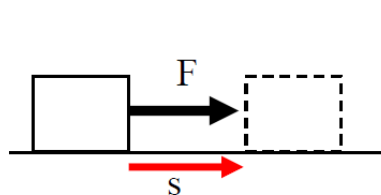
**หมายเหตุ : ถ้าทิศของแรงมีทิศเดียวกับทิศของการกระจัด ต้องแทนค่าแรง (F) เป็นบวก
ถ้าทิศของแรงมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของการกระจัด ต้องแทนค่าแรง (F) เป็นลบ

1.1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่

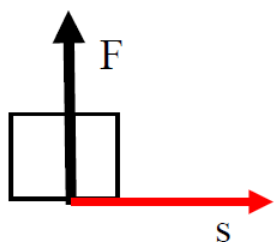
การคำนวณงานโดยใช้สมการ $W = F s$ นั้น ต้องระวังว่าทิศของแรง (F) กับการกระจัด (s) ต้องอยู่ในแนวที่ขนานกันจึงใช้คำนวณงาน (W) ได้

**หากแรง (F) มีทิศตั้งฉากกับการกระจัด (s) ค่าของงาน (W) จะมีค่าเป็นศูนย์

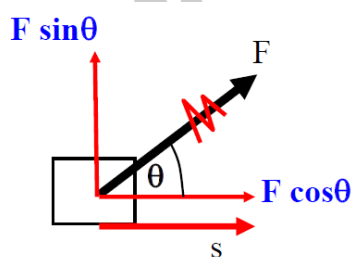
**หากทิศของแรง (F) อยู่ในแนวเอียงทำมุมกับการกระจัด (s) ให้ทำการแตกแรงแล้วใช้ แรงที่อยู่ในแนวขนานกับการกระจัด (s) เป็นตัวคำนวณงาน (W)



$$W = F s$$



$$W = 0$$



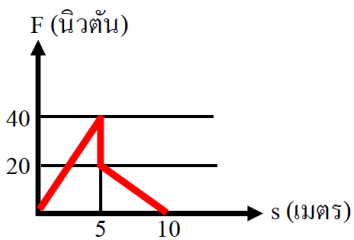
$$W = F \cos \theta s$$

1.2 งานของแรงที่มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ

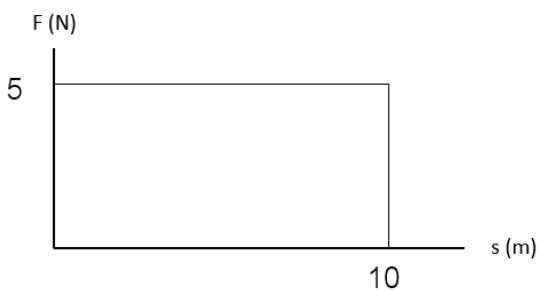
หากแรงมีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ ต้องหาค่าของแรงเฉลี่ย แล้วจึงนำแรงเฉลี่ยนั้นมาคำนวณหางาน

1.3 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแรง (F) กับการกระจัด (s)

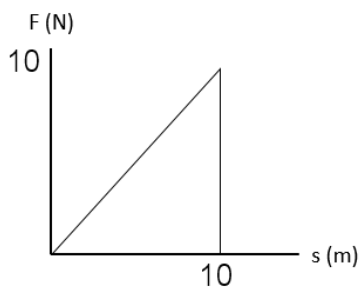
จากกราฟของแรง (F) กับการกระจัด (s) พบว่า พื้นที่ใต้กราฟนั้นจะมีค่าเท่ากับผลคูณ $F \cdot s$ เสมอ



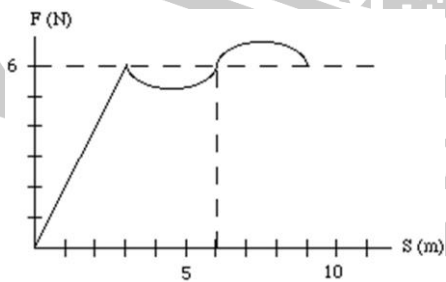
1.3.1 หากแรงกระทำมีค่าคงตัว



1.3.2 แรงกระทำมีค่าไม่คงตัว แต่เพิ่มขึ้นหรือลดลงสม่ำเสมอ



1.3.3 หากแรงกระทำมีขนาดไม่คงตัว



บุ ทิ โต ชี เว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เรื่อง พลังงานกล

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

2. สาระสำคัญ

พลังงานจลน์ เป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่โดยวัตถุที่มีมวล m เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v จะพบว่าวัตถุดังกล่าวจะมีพลังงานจลน์ เท่ากับ $Ek = \frac{1}{2}mv^2$ ซึ่งพลังงานจลน์ของวัตถุใดๆจะมีค่ามากขึ้นขึ้นอยู่กับมวล และความเร็วของวัตถุ ส่วนพลังงานศักย์คือ พลังงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากวัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับความสูงเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานกลได้
- 2) นักเรียนสามารถออกแบบ และสร้างแบบจำลองรถไฟเหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้
- 3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

4. สาระการเรียนรู้

- พลังงานจลน์
- พลังงานศักย์

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้น 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 นักเรียนศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ และมีความเร็วที่แตกต่างกัน



1.2 ครูถามคำถามกับนักเรียนว่าขณะที่วัตถุต่างๆ กำลังเคลื่อนที่ไปนั้น มีพลังงานเป็นของตนเองหรือไม่ และมีองค์ประกอบได้บ้างที่มีผลต่อพลังงานดังกล่าว

(แนวคำตอบ วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีพลังงานจลน์เป็นของตนเอง โดยองค์ประกอบที่มีผลต่อการพลังงานจลน์คือความเร็วและมวล หรือตามความคิดเห็นของนักเรียน ในขั้นนี้ยังไม่มีการผิด)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้ หนังสือเรียน รวมถึงอินเทอร์เน็ต และทำแบบทดสอบย่อยเรื่องพลังงานกล

ขั้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1 นักเรียนทำการสรุปความรู้เรื่องพลังงานกล โดยมีครูคอยให้คำแนะนำหากความรู้ที่สรุปยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์

3.2 นักเรียนอธิบายความแตกต่างของพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และพลังงานกลลงในสมุด

ขั้น 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 นักเรียนทำการ วางแผน และออกแบบแบบจำลองรถไฟเหาะจากการศึกษา จากข้อมูลที่รวบรวมไว้ในคาบที่แล้ว

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเลือกอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลอง และดำเนินการแก้ปัญหา โดยการเลือกใช้สมมุติฐานที่ได้ตั้งเอาไว้

ขั้น 5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยการทำ Exit ticket (นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ลงในกระดาษ)

6.ประเมิน (Evaluation)

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานกลได้	การทดสอบ	แบบทดสอบย่อย	ทำแบบทดสอบได้ไม่ต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์
นักเรียนสามารถออกแบบ และสร้างแบบจำลองรถไฟเหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้	จากชิ้นงาน	แบบประเมินชิ้นงาน	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินในเกณฑ์ดีขึ้นไป
นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	การสังเกต	แบบสังเกต	นักเรียนได้คะแนนจากแบบสังเกตในเกณฑ์ดีขึ้นไป

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 ใบกิจกรรม

7.2 ใบความรู้

7.3 อุปกรณ์การสร้างแบบจำลอง

8. เอกสารอ้างอิง

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปี 2551

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

9.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

9.2 อุปสรรค

.....

.....

.....

9.3 แนวทางการแก้ไข

.....

.....

พูน บุญเกิด ชิว

ลงชื่อ

(นายพีรตลย์ อ่อนสี)

ผู้สอน

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านความสนใจ	ตั้งใจฟังตั้งแต่เริ่มเรียน และให้ความร่วมมือไม่ พูดคุยกุยอกล้อกับ เพื่อน มีสมาธิในการ เรียนตลอด	ตั้งใจฟังตั้งแต่เริ่มเรียน แต่มีสมาธิหลุดบ้าง	ไม่สนใจฟังครูพูด หยอกล้อกับเพื่อน ตลอดเวลา
ด้านการตอบคำถาม	มีการยกมือตอบคำถาม ทุกครั้งที่ครูถาม หรือ ตอบอย่างเต็มใจและ ถูกต้องเมื่อครูเลือกให้ เป็นคนตอบ	ตอบคำถามที่ครูถาม เป็นบางข้อ	ไม่ตอบคำถามที่ครูถาม ในห้องเลย
ด้านการทำงานที่ได้รับ มอบหมาย	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและภายใน เวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายได้ครบถ้วน แต่เลยเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายไม่สำเร็จ หรือไม่ทำงานเลย

ลงชื่อ ผู้สังเกต

(.....)

เกณฑ์ประเมิน

ดีมาก = 5-6

ดี = 3-4

น้อย = 0-2

พหุ ประถมศึกษา

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านผลงาน	แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และทำความเร็วปลายได้สูงสุด	แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และทำความเร็วปลายได้สูงสุด เป็นอันดับตั้งแต่ 2 ขึ้นไป	แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาไม่สำเร็จ ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข
ด้านการใช้อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด เป็นอันดับที่ 1	ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด เป็นอันดับที่ 2 และ 3	ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด เป็นอันดับ 4 เป็นต้นไป
ด้านการนำเสนอ	นำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สื่อสารชัดเจน และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	นำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สื่อสารชัดเจน แต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	นำเสนอผลงานไม่สอดคล้องกับผลงานของกลุ่มตนเอง

ลงชื่อ ผู้สังเกต

(.....)

เกณฑ์ประเมิน

ดีมาก = 5-6

ดี = 3-4

น้อย = 0-2

พหุ ประถมศึกษา

แบบทดสอบย่อยที่ 2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. พลังงานจลน์ หมายถึงอะไร

- ก. พลังงานที่สะสมในรูปความร้อน
 ข. พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่
 ค. พลังงานที่ขึ้นอยู่กับความสูง
 ง. พลังงานที่เกิดจากเครื่องกล

2. พลังงานศักย์ หมายถึงอะไร

- ก. พลังงานที่สะสมในวัตถุเมื่อมีความสูงมากกว่าระดับอ้างอิง
 ข. พลังงานที่สะสมในตัวขของสปริงเมื่อถูกกดหรือยืด
 ค. พลังงานที่มีในวัตถุแม้วัตถุจะไม่เคลื่อนที่
 ง. ถูกทุกข้อ

3. ข้อใดคือสมการของพลังงานศักย์และจลน์ ตามลำดับ

- ก. mgh และ $\frac{1}{2}mv^2$
 ข. mg^2 และ $\frac{1}{2}mv^2$
 ค. mgh และ $\frac{1}{2}mv$
 ง. mgh และ $\frac{1}{2}mv^2$

4. งานและพลังงานจลน์มีความสัมพันธ์กันตามข้อใด

- ก. $W = E_{k2} - E_{k1}$
 ข. $W = E_{k-1}$
 ค. $W = mgE_k$
 ง. $W = mvE_k$

5. ลูกปืนมวล 0.001 กิโลกรัม เคลื่อนออกจากลำกล้องปืนซึ่งยาว 0.80 เมตร ด้วยความเร็ว 300 เมตรต่อวินาที จงหาพลังงานจลน์ของลูกปืนลูกนี้

- ก. 150 จูล
 ข. 160 จูล
 ค. 170 จูล
 ง. 180 จูล

6. ข้อใดคือหน่วยของพลังงานจลน์

- ก. $kg \cdot m/s^2$
 ข. $kg \cdot m^2/s$
 ค. $kg^2 \cdot m^2/s^2$
 ง. $kg \cdot m^2/s^2$

7. รถยนต์มวล 2,000 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 200 เมตรต่อวินาที จงหางานของแรงต้านที่จะทำให้วัตถุหยุดนิ่งได้

- ก. 200,000 จูล
 ข. -200,000 จูล
 ค. 300,000 จูล
 ง. -300,000 จูล

8. วัตถุมวล m ชนิดหนึ่งอยู่สูงจากพื้น 4 เมตร วัตถุดังกล่าวมีพลังงานศักย์เท่าใด

ก. $4m$ จูล

ข. $4g$ จูล

ค. $4mg$ จูล

ง. $4mgh$ จูล

9. นักเรียนคนหนึ่งถือกล่องมวล m แล้วปีนบันไดเหล็กขึ้นสูงจากพื้นเดิมไป 0.5 เมตร จะต้องใช้งานเท่าไรในการถือกล่องดังกล่าว

ก. $0.5m$ จูล

ข. $0.5g$ จูล

ค. $0.5mg$ จูล

ง. 0.5 จูล

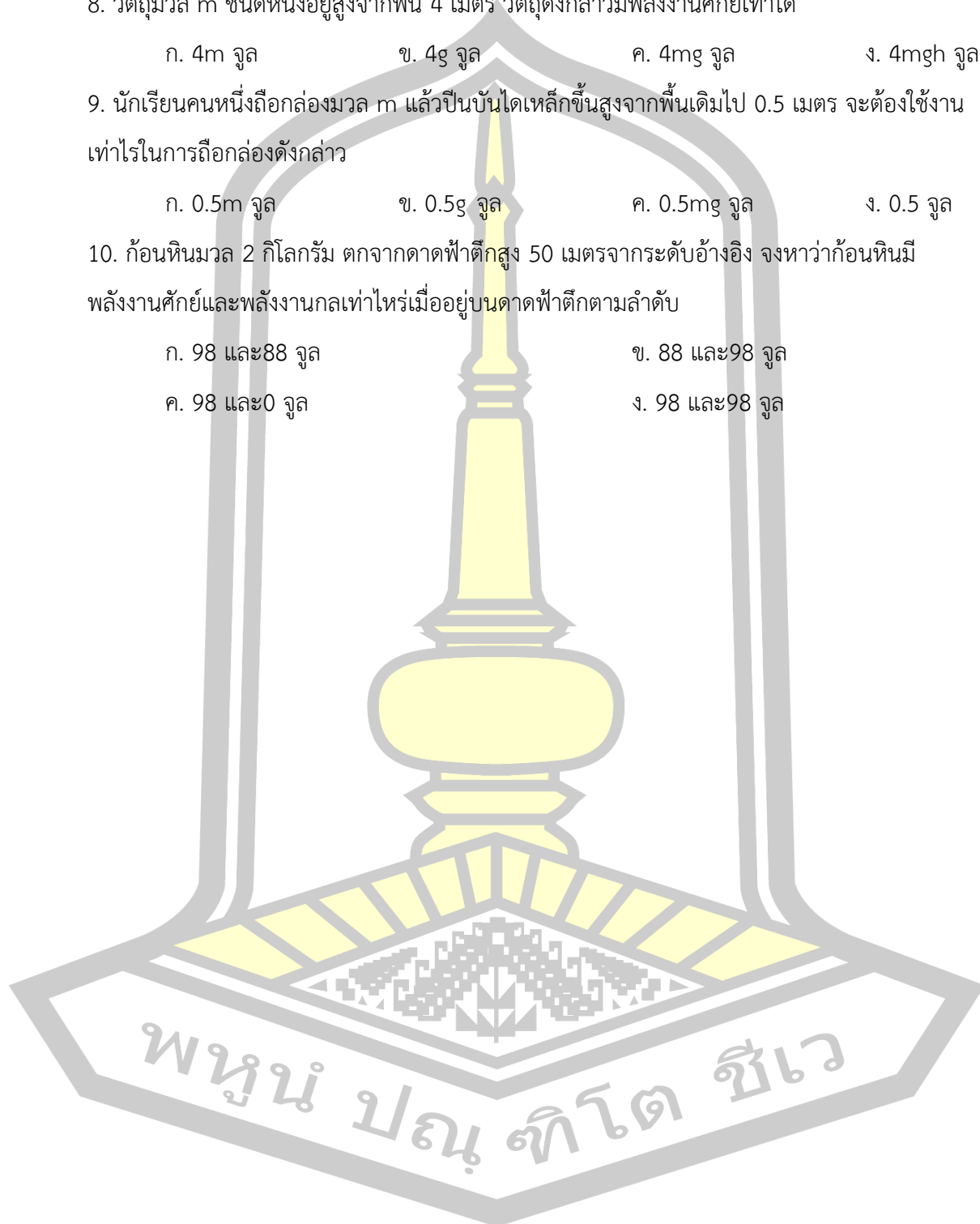
10. ก้อนหินมวล 2 กิโลกรัม ตกจากตาดฟ้าตึกสูง 50 เมตรจากระดับอ้างอิง จงหาว่าก้อนหินมีพลังงานศักย์และพลังงานกลเท่าไรเมื่ออยู่บนตาดฟ้าตึกตามลำดับ

ก. 98 และ 88 จูล

ข. 88 และ 98 จูล

ค. 98 และ 0 จูล

ง. 98 และ 98 จูล



ใบงาน

จากสถานการณ์ที่กำหนดจงหา

ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (พร้อมบอกแหล่งที่ค้นคว้ามา)

.....

.....

.....

.....

ภาพร่างออกแบบชิ้นงาน (วิเคราะห์ของชิ้นส่วนแต่ละส่วนให้ละเอียด)

จะมีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งจะไม่มีพลังงานจลน์ เราสามารถหาขนาดของพลังงานจลน์ได้จาก

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

เมื่อ E_k คือ พลังงานจลน์ (จูล)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

v คือ ความเร็วของวัตถุ (เมตร/วินาที)

1.3 พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ คือพลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกมาเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ ได้

1.3.1 พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วง

เรียกว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง เช่นเมื่อเราแบก วัตถุไว้สูงจากพื้นขนาดหนึ่ง ในวัตถุจะมีพลังงานสะสมอยู่ พลังงานที่สะสมตรงนี้เกิดจากแรง โน้มถ่วงของโลก เราเรียกพลังงานศักย์โน้มถ่วงซึ่งหาขนาดได้จาก

$$E_p = mgh$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานศักย์โน้มถ่วง (จูล)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตร/วินาที²)

h คือ ความสูงจากจุดเปรียบเทียบถึงวัตถุ (เมตร)

1.3.2 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของวัตถุ เรียกว่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่น เช่นเมื่อเรานำวัตถุติดไว้ตรงปลายสปริงตั้งรูป หากเราไม่ออกแรงดึงสปริงให้ยืดหรือกดสปริงให้ยุบ จุดที่วัตถุอยู่ (ปลายสปริง) จะเรียก จุดสมดุล ณ.จุดตรงนี้วัตถุจะไม่มีพลังงานศักย์ หากเราดึงสปริงให้ยืดหรือกดให้

ยุบ ให้อัตถุอยู่ห่างจากจุดสมดุล ในวัตถุจะมีพลังงานศักย์สะสมอยู่เรียก พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ซึ่งหาขนาดได้จาก

$$E_s = \frac{1}{2} k s^2$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (จูล)
 s คือ ระยะห่างจากจุดสมดุล (เมตร)
 k คือ ค่านิจสปริง (นิวตัน/เมตร)

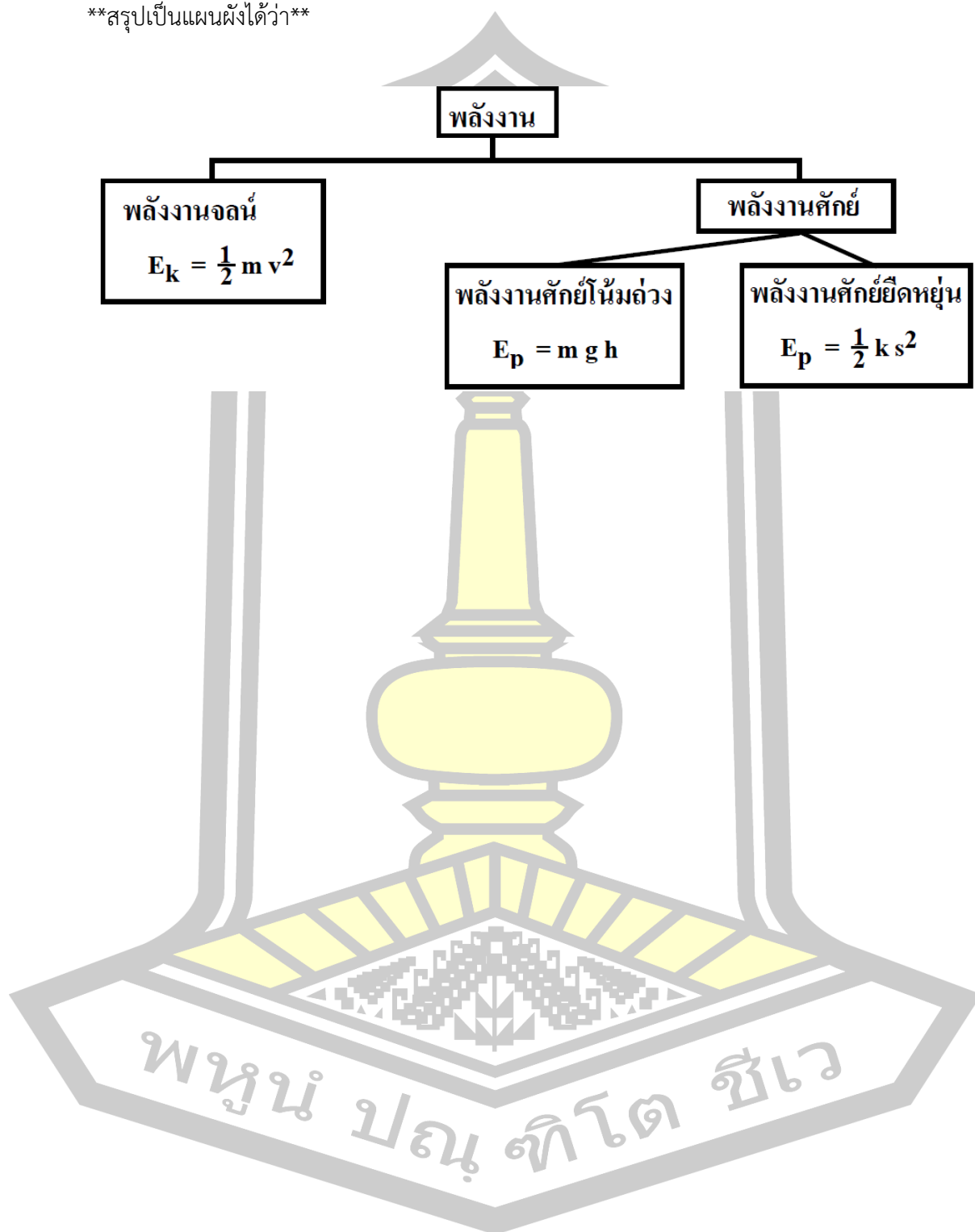
โดย

$$F = k s$$

เมื่อ F คือ แรงกระทำ (นิวตัน)
 s คือ ระยะห่างจากสมดุล ซึ่งเกิดจากแรง F (เมตร)

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

สรุปเป็นแผนผังได้ว่า



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เรื่อง กฎการอนุรักษ์พลังงาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2561

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

2. สาระสำคัญ

เนื่องจากกฎอนุรักษ์พลังงานกลของวัตถุกล่าวได้ว่า ณ ตำแหน่งใดก็ตามพลังงานรวม ย่อมมีค่าคงเดิมเสมอ ดังนั้นเมื่อวัตถุตกลงจากที่สูงพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะลดลงและจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นทุกขณะ เนื่องจากพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงก็เป็นพลังงานศักย์อีกรูปแบบหนึ่งที่มีการอนุรักษ์เช่นเดียวกันดังนั้นในระบบที่มีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ศักย์โน้มถ่วง และพลังงานจลน์จึงสามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาได้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) นักเรียนสามารถนำกฎการอนุรักษ์พลังงานไปประยุกต์ใช้ได้
- 2) นักเรียนสามารถสร้าง ทดลอง และปรับแก้ไขแบบจำลองรถไฟเหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้
- 3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

4. สาระการเรียนรู้

- กฎการอนุรักษ์พลังงานกล
- การประยุกต์ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้น 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 นักเรียนศึกษาตัวอย่างการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่นต่างๆ ในสวนสนุก



1.2 ครูถามคำถามกับนักเรียนว่าขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยขึ้นลง อย่างเช่น รถไฟเหาะนั้น วัตถุที่นักเรียนสังเกตเห็นมีพลังงานที่แตกต่างกันในแต่ละจุดหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าหนึ่งแสดงว่ามีพลังงานจลน์เกิดขึ้นในวัตถุนั้น ดังนั้นพลังงานจลน์จะมีอยู่ในวัตถุที่มีความเร็วสูง มากกว่าจุดที่มีความเร็วต่ำ ส่วนพลังงานศักย์โน้มถ่วงเองก็จะขึ้นอยู่กับความสูง ณ ขณะนั้นเพราะวัตถุมีมวลเท่าเดิมขณะเคลื่อนที่หรือตามความคิดเห็นของนักเรียน ในขั้นนี้ยังไม่มีการผิด)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน และนักเรียนสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้ และทำแบบทดสอบย่อย เรื่องกฎอนุรักษ์พลังงาน

ขั้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1 นักเรียนทำการสรุปความรู้เรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานลงในสมุด โดยมีครูคอยให้คำแนะนำ หากความรู้ที่สรุปยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์

ขั้น 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 นักเรียนทำการ สร้างแบบจำลองรถไฟเหาะจากการศึกษา จากข้อมูลที่รวบรวมไว้ และปัญหาจากการทดลองต่อจากคาบที่แล้ว

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานของตนเอง สาธิตการทำงาน และอธิบายการใช้วัสดุอุปกรณ์

ขั้น 5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 ครูทำการตรวจสอบการทำงานរបแบบจำลองว่าสามารถทำงานได้หรือไม่ และรถไฟเหาะสามารถวิ่งได้นานเท่าใด รวมไปถึงความเร็วของกลุ่มใดมีค่ามากที่สุด

5.2 นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ด้วยการทำ Exit ticket (นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ลงในกระดาษ)

6.ประเมิน (Evaluation)

จุดประสงค์	วิธีการประเมิน	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎอนุรักษ์พลังงานได้	ทำแบบทดสอบ	ใบกิจกรรม	ทำแบบทดสอบได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
นักเรียนสามารถสร้างทดลอง และปรับแก้ไขแบบจำลองรถไฟเหาะตามเงื่อนไขของสถานการณ์ได้	จากชิ้นงาน	แบบประเมินชิ้นงาน	นักเรียนได้คะแนนจากแบบประเมินในเกณฑ์ดีขึ้นไป
นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	การสังเกต	แบบสังเกต	นักเรียนได้คะแนนจากแบบสังเกตในเกณฑ์ดีขึ้นไป

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 ใบกิจกรรม

7.2 ใบความรู้

7.3 อุปกรณ์การสร้างแบบจำลอง

8. เอกสารอ้างอิง

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

9.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9.2 อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9.3 แนวทางการแก้ไข

.....

พูน บุญเกิด ชีวะ

ลงชื่อ

(นายพีรตลย์ อ่อนสี)

ผู้สอน

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านความสนใจ	ตั้งใจฟังตั้งแต่เริ่มเรียน และให้ความร่วมมือไม่ พูดคุยกุยอกล้อกับ เพื่อน มีสมาธิในการ เรียนตลอด	ตั้งใจฟังตั้งแต่เริ่มเรียน แต่มีสมาธิหลุดบ้าง	ไม่สนใจฟังครูพูด หยอกล้อกับเพื่อน ตลอดเวลา
ด้านการตอบคำถาม	มีการยกมือตอบคำถาม ทุกครั้งที่ครูถาม หรือ ตอบอย่างเต็มใจและ ถูกต้องเมื่อครูเลือกให้ เป็นคนตอบ	ตอบคำถามที่ครูถาม เป็นบางข้อ	ไม่ตอบคำถามที่ครูถาม ในห้องเลย
ด้านการทำงานที่ได้รับ มอบหมาย	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและภายใน เวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายได้ครบถ้วน แต่เลยเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ได้รับ มอบหมายไม่สำเร็จ หรือไม่ทำงานเลย

ลงชื่อ ผู้สังเกต

(.....)

เกณฑ์ประเมิน

ดีมาก = 5-6

ดี = 3-4

น้อย = 0-2

พหุ ประถมศึกษา

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ด้านผลงาน	แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และอยู่ห่างจากพื้นในระยะน้อยที่สุดเป็นอันดับ 1	แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด และอยู่ห่างจากพื้นในระยะน้อยที่สุดเป็นอันดับ ตั้งแต่ 2 ขึ้นไป	แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาไม่สำเร็จ ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข
ด้านการใช้อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุดเป็นอันดับที่ 1	ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุดเป็นอันดับที่ 2 และ 3	ใช้อุปกรณ์น้อยที่สุดเป็นอันดับ 4 เป็นต้นไป
ด้านการนำเสนอ	นำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สื่อสารชัดเจน และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	นำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สื่อสารชัดเจน แต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	นำเสนอผลงานไม่สอดคล้องกับผลงานของกลุ่มตนเอง

ลงชื่อ ผู้สังเกต

(.....)

เกณฑ์ประเมิน

ดีมาก = 5-6

ดี = 3-4

น้อย = 0-2

แบบทดสอบย่อย

ตอบคำถามต่อไปนี้

- กฎการอนุรักษ์พลังงานมีความหมายว่าอย่างไร
 - พลังงานจะไม่มีวันสูญเสียดังกล่าวอยู่ในระบบที่ไม่มีแรงภายนอกมากกระทำ
 - พลังงานกลเท่านั้นที่มีการอนุรักษ์
 - พลังงานจะมีการรักษารูปแบบไว้ไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้
 - พลังงานจลน์สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์ได้เท่านั้น
- ในกรณีที่ไม่มีแรงภายนอกมากกระทำ พลังงานกลคืออะไร
 - พลังงานจลน์ยกกำลังสอง
 - พลังงานศักย์ยกกำลังสอง
 - พลังงานจลน์ที่มากที่สุด
 - ผลรวมของพลังงานจลน์กับศักย์
- วัตถุที่มีมวลเท่ากัน เมื่อมีความเร็วต่างกัน พลังงานจลน์ต่างกันหรือไม่ เพราะอะไร
 - ต่างกันเพราะพลังงานจลน์แปรผกผันกับความเร็ว
 - ต่างกันเพราะพลังงานจลน์แปรผันตรงกับความเร็ว
 - ไม่ต่างกันเพราะพลังงานจลน์ไม่ขึ้นกับความเร็ว
 - ไม่ต่างกันเพราะมวลเท่ากันพลังงานจลน์ย่อมมีค่าเท่ากัน
- วัตถุตกจากที่ตึกสูง h เมตร ตกมาด้วยความเร็วค่าหนึ่งขณะที่วัตถุตกมาถึงจุด $h/2$ วัตถุดังกล่าวจะมีพลังงานจลน์เท่าใด
 - $mgh/2$
 - $2mgh$
 - เท่ากับพลังงานศักย์ตอนก่อนปล่อย
 - เท่ากับ 0
- วัตถุตกแบบเสรีข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับพลังงานกล
 - ณ ตำแหน่งใดๆ พลังงานกลจะคงตัว
 - ณ ตำแหน่งสูงสุดเท่านั้นที่พลังงานกลคงตัว
 - พลังงานกลจะลดลงเรื่อยๆ
 - พลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
- หากปล่อยวัตถุจากตึกสูงลงมายังพื้นดินที่มีสปริงวางรออยู่ หากวัตถุตกลงมาได้ครึ่งทาง วัตถุจะมีพลังงานชนิดใดบ้าง
 - $E_p + E_k + E_s$
 - $E_k + E_s$
 - $E_p + E_k$
 - $E_k + E_s$

7. รถไฟเหาะมวล h เคลื่อนที่จะจุดสูงสุดซึ่งสูง h เมตรลงมายังจุดต่ำสุดจะมีพลังงานจลน์เท่าใด

- ก. 0 ข. mgh ค. $mgh/2$ ง. mv^2

8. วัตถุตกลงมาจากที่สูง 50 เมตร จงหาว่าเมื่อเวลาผ่านไปขณะที่วัตถุมีความเร็ว 23 เมตรต่อวินาที วัตถุอยู่สูงจากพื้นเท่าใด

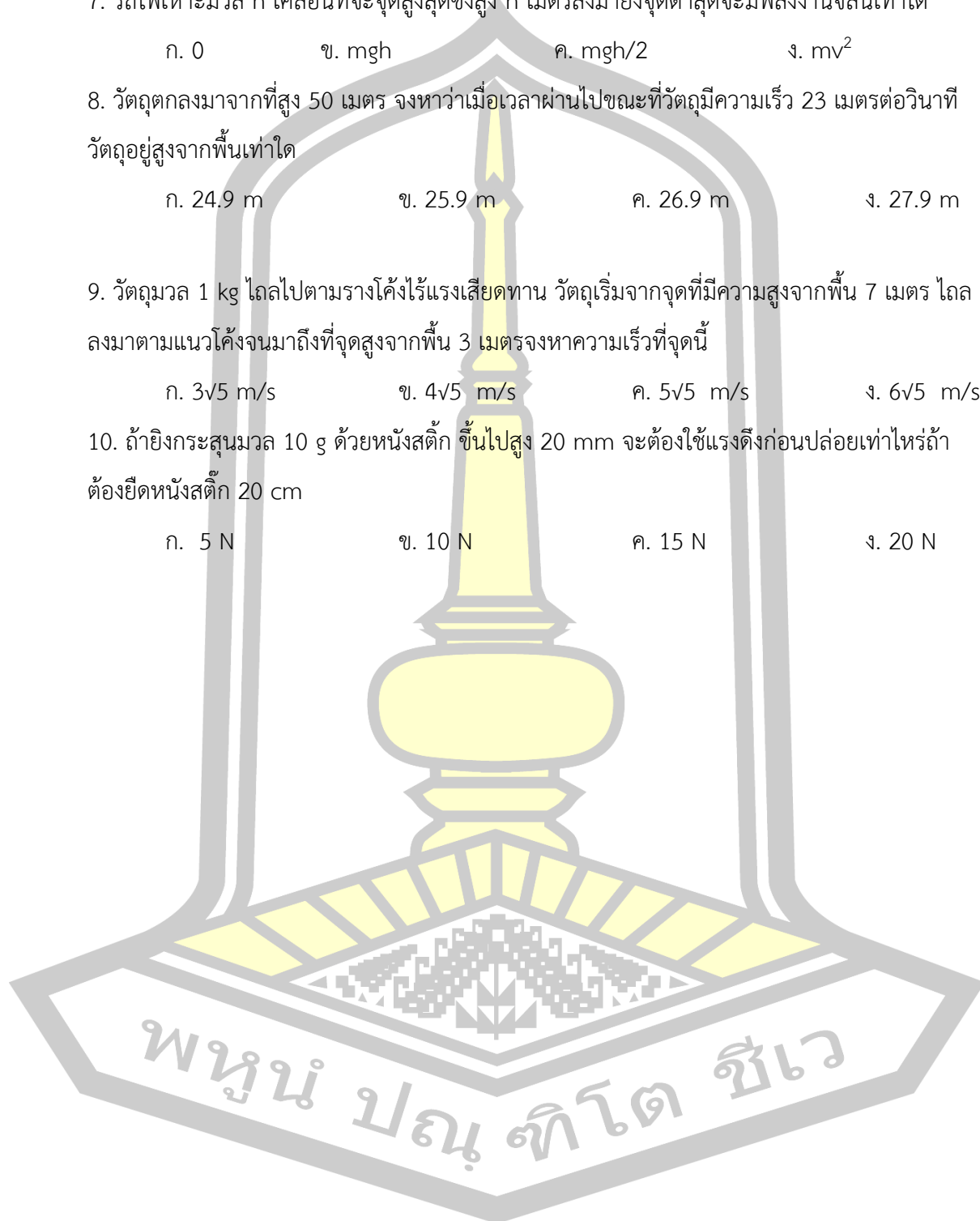
- ก. 24.9 m ข. 25.9 m ค. 26.9 m ง. 27.9 m

9. วัตถุมวล 1 kg ไถลไปตามรางโค้งไร้แรงเสียดทาน วัตถุเริ่มจากจุดที่มีความสูงจากพื้น 7 เมตร ไถลลงมาตามแนวโค้งจนมาถึงที่จุดสูงจากพื้น 3 เมตรจงหาความเร็วที่จุดนี้

- ก. $3\sqrt{5}$ m/s ข. $4\sqrt{5}$ m/s ค. $5\sqrt{5}$ m/s ง. $6\sqrt{5}$ m/s

10. ถ้ายิงกระสุนมวล 10 g ด้วยหนังสติ๊ก ขึ้นไปสูง 20 mm จะต้องใช้แรงดึงก่อนปล่อยเท่าไรถ้าต้องยืดหนังสติ๊ก 20 cm

- ก. 5 N ข. 10 N ค. 15 N ง. 20 N





(ตัวอย่าง)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่องงานพลังงาน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 20 ข้อ เป็นตัวเลือกตอบ 4 ตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
2. ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาทลงในกระดาษคำตอบ

1. มอเตอร์ไฟฟ้าในข้อใดมีกำลังมากที่สุด

ก. มอเตอร์ไฟฟ้าตัวหนึ่งทำงานได้ 500 จูลในเวลา 5 วินาที

ข. มอเตอร์ไฟฟ้าตัวหนึ่งทำงานได้ 500 จูลในเวลา 10 วินาที

ค. มอเตอร์ไฟฟ้าตัวหนึ่งทำงานได้ 400 จูลในเวลา 2 วินาที

ง. มอเตอร์ไฟฟ้าตัวหนึ่งทำงานได้ 400 จูลในเวลา 4 วินาที

2. กำลัง 1 กำลังม้ามีค่ากี่วัตต์

ก. 726 วัตต์

ข. 736 วัตต์

ค. 746 วัตต์

ง. 756 วัตต์

3. ช่างทาสีดึงถังสีมวล 5 กิโลกรัมขึ้นไปสูงจากพื้น 3 เมตร ด้วยอัตราเร็วคงที่ พบว่าใช้เวลาในการดึง 6 วินาทีจงหาว่าช่างคนนี้ใช้กำลังเท่าใด

ก. 2 วัตต์

ข. 2.5 วัตต์

ค. 5 วัตต์

ง. 5.5 วัตต์

4. มอเตอร์รถบังคับตัวหนึ่งทำงานด้วยอัตรา 3000 จูลต่อวินาที ทำให้รถบังคับเคลื่อนที่ไปได้ในแนวตรงด้วยอัตราเร็ว 9.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหาแรงที่ทำให้รถบังคับคันนี้แล่นไป (หากไม่คิดแรงเสียดทาน)

ก. 1200 นิวตัน

ข. 1100 นิวตัน

ค. 1000 นิวตัน

ง. 900 นิวตัน

(ตัวอย่าง) แบบทดสอบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจสถานการณ์หรือข้อความนั้นๆ แล้วให้นักเรียนพิจารณา
คำตอบที่กำหนดให้ 4 ตัวเลือก โดยเลือกตอบข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว
ให้นักเรียนอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-5

รถไฟเหาะในสวนสนุกเป็นเครื่องเล่นที่โด่งดัง และเป็นที่ยอดนิยมในหมู่นักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวที่สวนสนุกเนื่องจากเป็นเครื่องเล่นที่มีความท้าทาย ยิ่งความสูงของรถไฟเหาะมากก็ยิ่งทำให้ความเร็วของรถไฟเหาะมีค่ามาก ยิ่งทำให้ผู้เล่นรถไฟเหาะตื่นเต้นขึ้นไปอีก แต่อย่างไรก็ตามการที่รถไฟเคลื่อนที่เร็วก็ยิ่งต้องระมัดระวังในขั้นตอนการสร้างรวมถึงการเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะมาสร้างรถไฟดังกล่าว

(ด้านการนิยามปัญหา)

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์ข้างต้น
 - ก. รถไฟเหาะที่คุณภาพดีหาได้ยาก
 - ข. รถไฟเหาะมีความเร็วต่ำ
 - ค. รถไฟเหาะที่มีความเร็วสูงหาวัสดุมาสร้างยาก
 - ง. รถไฟเหาะที่สูงไปจะไม่ดี

(ด้านการรวบรวมข้อมูล)

2. ข้อมูลใดต่อไปนี้ จำเป็นต่อการสร้างรถไฟเหาะในสวนสนุก

ก. ความเร็วของรถไฟเหาะ	ข. ความสูงของรถไฟเหาะ
ค. ความแข็งแรงของรถไฟเหาะ	ง. ถูกทุกข้อ

(ด้านการจำแนกข้อมูล)

3. ข้อใดเป็นสาเหตุให้รถไฟเหาะเป็นที่นิยม

ก. รถไฟเหาะวิ่งด้วยความเร็วสูง	ข. รถไฟเหาะมีความแข็งแรง
ค. รถไฟเหาะมีคุณภาพดี	ง. รถไฟเหาะมีอยู่ทุกสวนสนุก

(ด้านการเลือกสมมติฐาน)

4. สมมุติฐานใดเหมาะสมกับเหตุการณ์ข้างต้น

- ก. การสร้างรถไฟเหาะให้ดึงดูดผู้คนที่ต้องสร้างจากวัสดุที่แข็งแรง
- ข. การสร้างรถไฟเหาะที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวต้องมีความเร็วสูง
- ค. การสร้างรถไฟเหาะให้มีความเร็วสม่ำเสมอต้องใช้วัสดุที่หายาก
- ง. การสร้างรถไฟเหาะให้มีความเร็วต่ำๆ จะทำให้นักท่องเที่ยวปลอดภัย

(ด้านการสรุปและตัดสินใจ)

5. จากสถานการณ์สรุปได้ว่า

- ก. นักท่องเที่ยวชอบรถไฟเหาะมากกว่าเครื่องเล่นชนิดอื่น
- ข. การสร้างรถไฟเหาะให้ดึงดูดนักท่องเที่ยวต้องสร้างให้สูง เร็ว และปลอดภัย
- ค. นักท่องเที่ยวชอบรถไฟเหาะที่มีความปลอดภัยสูงๆ
- ง. สวนสนุกต้องการสร้างรถไฟเหาะที่มีความเร็วสม่ำเสมอ

ให้นักเรียนอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 6–10

บันจี้จัมพ์ เป็นกีฬาทำความกล้าซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูงในหมู่หนุ่มสาวยุคใหม่ทั่วโลก เนื่องจากเป็นกีฬาที่มีความเสี่ยงค่อนข้างสูงอุปกรณ์การเล่นบันจี้จัมพ์จึงต้องได้มาตรฐาน และต้องได้รับการตรวจเช็คอย่างละเอียดก่อนที่จะทำการกระโดด โดยพบว่าต้องมีผู้เชี่ยวชาญที่ต้องชำนาญจริงๆ ในการกระโดดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ หรือ Jump Master ที่ต้องคอยทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักโดยพลตर्फยสินออกเพื่อชั่งน้ำหนักอย่างแท้จริง แล้วคำนวณหาค่าที่เหมาะสม สำหรับการปล่อยสายและขนาดของสายที่จะใช้ หรือกล่าวได้ว่า Jump Master คือคนกำหนดความผิดพลาดนั่นเอง

(ด้านการนิยามปัญหา)

6. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปัญหาของการกระโดดบันจี้จัมพ์

- ก. ความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตของคนกระโดด
- ข. ค่าใช้จ่ายในการกระโดด
- ค. โอกาสผิดพลาดของ Jump Master
- ง. มาตรฐานของอุปกรณ์มักต่ำ

(ด้านการรวบรวมข้อมูล)

7. ข้อใดต่อไปนี้เป็นความคิดเห็นเท่านั้น

- ก. Jump Master มีหน้าที่เตรียมพร้อมคนที่จะมากระโดดบันจี้จัมพ์
- ข. อุปกรณ์ในการเล่นบันจี้จัมพ์ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างละเอียด
- ค. อุปกรณ์การเล่นบันจี้จัมพ์มีราคาค่อนข้างสูง

ง. Jump Master ต้องคำนวณอย่างแม่นยำเพื่อลดอุบัติเหตุ

(ด้านการจำแนกข้อมูล)

8. จากบทความวิธีใดจะช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุในการกระโดดบันจี้จัมพ์ได้

ก. การเพิ่มจำนวนเส้นเชือกที่ใช้กระโดด

ข. การเพิ่มจำนวน Jump Master ให้มีหลายๆคน

ค. การเพิ่มมาตรฐานของโครงสร้าง และอุปกรณ์การกระโดด

ง. การลดจำนวนคนมากระโดดต่อวัน

(ด้านการเลือกสมมติฐาน)

9. สมมติฐานใดเหมาะสมกับเหตุการณ์ข้างต้น

ก. การกระโดดบันจี้จัมพ์โดยใช้เชือกมากขึ้นจะปลอดภัยกว่าใช้เส้นเดียว

ข. น้ำหนักของคนที่กระโดดที่ต่างกัน จะต้องใช้ความยาวเชือกและขนาดเชือกที่ต่างกัน

ค. การเพิ่มจำนวน Jump Master ส่งผลให้อุบัติเหตุลดลง

ง. อุปกรณ์ในการกระโดดที่มีราคาแพงจะช่วยให้ปลอดภัยกว่าอุปกรณ์ราคาถูก

(ด้านการสรุปและตัดสินใจ)

10. จากสถานการณ์สรุปได้ว่า

ก. อุบัติเหตุจากการกระโดดบันจี้จัมพ์เกิดขึ้นจากปัจจัยมากกว่า 1 อย่าง

ข. อาชีพ Jump Master เป็นอาชีพที่ขาดแคลน

ค. การคำนวณที่มาจาก Jump Master มีโอกาสผิดพลาดน้อยมาก

ง. อุปกรณ์ในการกระโดดที่มีมาตรฐานมากๆ สามารถลดการเกิดอุบัติเหตุได้แบบ 100

เปอร์เซ็นต์

(ตัวอย่าง)

แบบสัมภาษณ์นักเรียน

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

โรงเรียนผดุงนารี

จังหวัดมหาสารคาม

จัดกิจกรรมการเรียนรู้วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ชื่อนักเรียน..... ชั้น..... เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริงขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำไปประกอบการพิจารณา

ปรับปรุงแก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในครั้งต่อไป โดยไม่มีผลต่อคะแนนนักเรียน

1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ นักเรียนชอบหรือไม่ชอบ เพราะเหตุใด

การจัดกิจกรรม	ชอบ	ไม่ชอบ	เหตุผล
การระบุปัญหา			
การรวบรวมข้อมูล			

การจำแนกข้อมูล			
การตั้งสมมุติฐาน			
การสรุปความ			

2. ด้านครูผู้สอน

1. ขณะปฏิบัติการสอนครูอธิบายขั้นตอนในการทำกิจกรรมชัดเจนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ครูให้ความสนใจแก่นักเรียนอย่างทั่วถึงขณะสอนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

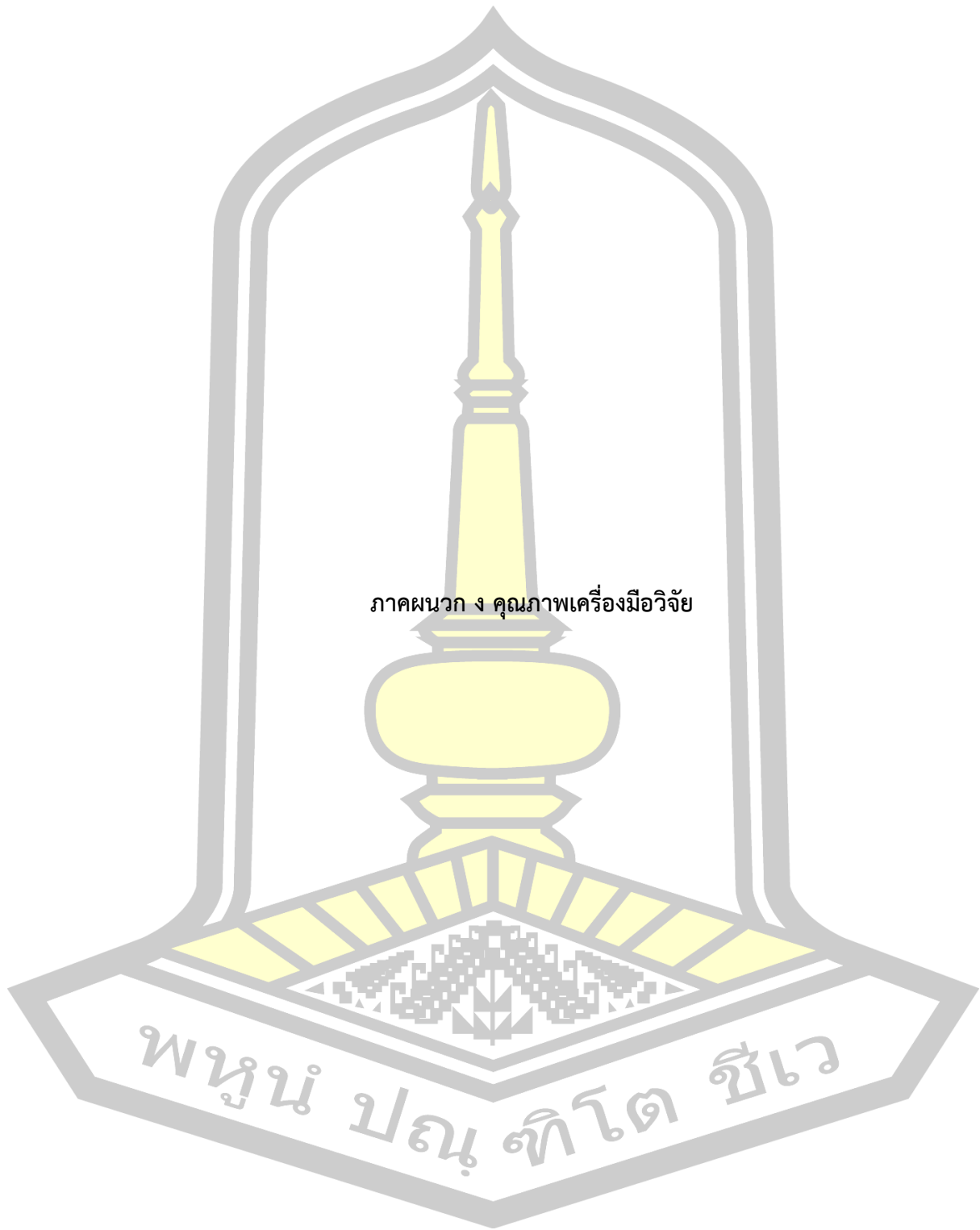
.....

3. สิ่งที่นักเรียนต้องการให้ครูปรับปรุงคืออะไร อย่างไร

.....

.....

.....



ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือวิจัย

พหุบัณฑิตวิทย์

ตารางที่ 13 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน					
	แผนที่	แผนที่	แผนที่	แผนที่	แผนที่	แผนที่
	1	2	3	4	5	6
หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสม	4.2	4.2	4.2	4.8	4.6	4.6
แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับ หน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	4.2	4.4	4.4	4.4	4.6	4.2
แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญ ครบถ้วน	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4
การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	4.2	4.4	4.4	4.6	4.8	4.8
จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุม เนื้อหาสาระ	4.2	4	4.2	4.6	4.4	4.6
จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้าน ความรู้ทักษะ กระบวนการ	4.4	4.6	4.2	4.4	4.4	4.6
จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจาก ง่ายไปยาก	4	4	4	4.6	4.6	4.4
กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4	4.6	4.4	4.6	4.6	4.4
กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และเนื้อหาสาระ	4.8	4.2	4.2	4.2	4.2	4.6
กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และระดับชั้นของนักเรียน	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6
กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและ สามารถปฏิบัติได้จริง	4.2	4	4.4	4.6	4.2	4.8
กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริม กระบวนการคิดของนักเรียน	4	4	4.4	4.8	4.6	4.4

ตารางที่ 13 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4.2	4.2	3.8	4.6	4.8	4
กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์	4.4	4	4.4	4.6	4.6	4.8
วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.2	4.4	4.2	4.4	4.4	4.2
วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	4.4	4.4	4.6	4.4	4.6	4.4
นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.2	4	4.2	4.4	4.6	4.8
นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือทำแบบฝึกหัดทั่วไป	4	4	4	4.2	4.6	4.6
มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4.2	4.4	4.4	4.4
นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	4.2	4	4	4.6	4.6	4.4
เฉลี่ยรวม	4.23	4.21	4.26	4.52	4.54	4.48
ผลการวิเคราะห์	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมากที่สุด	ดีมากที่สุด	ดีมาก

ตารางที่ 14 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	คะแนนดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
	ผู้เชี่ยวชาญ						
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
2	1	1	1	-1	1	0.6	ผ่าน
3	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
4	1	1	1	-1	1	0.6	ผ่าน
5	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
6	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
7	1	1	1	-1	1	0.6	ผ่าน
8	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
9	1	0	1	1	1	0.8	ผ่าน
10	1	1	1	-1	1	0.6	ผ่าน
11	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
13	1	1	1	-1	1	0.6	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
15	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
17	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
18	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
19	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
23	1	1	1	1	1	1	ผ่าน

ตารางที่ 14 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ต่อ)

24	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
25	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
26	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
27	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
30	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
31	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
32	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
33	1	0	1	-1	1	0.4	ผ่าน
34	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
35	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
36	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
37	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
38	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
39	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
40	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
41	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
42	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
43	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
44	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
45	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
46	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
47	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
48	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
49	1	1	1	0	1	0.8	ผ่าน
50	1	0	1	-1	1	0.4	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 15 การประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

(ต่อ)

11	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
12	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
13	1	1	0	1	1	0.8	ผ่าน
14	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
15	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
16	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
17	1	1	1	1	0	0.8	ผ่าน
18	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
19	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
20	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
21	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
22	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
23	1	1	1	1	0	0.8	ผ่าน
24	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
25	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
26	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
27	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
28	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
29	1	1	1	1	1	1	ผ่าน
30	1	1	1	1	1	1	ผ่าน

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายพีรตลย์ อ่อนสี
วันเกิด	วันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	57 หมู่ 1 บ้านหนองไฮ ตำบลหนองไฮ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบางป่อวิทยาكم จังหวัด สมุทรปราการ พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบางป่อวิทยาكم จังหวัด สมุทรปราการ พ.ศ. 2558 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2562 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว