

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน

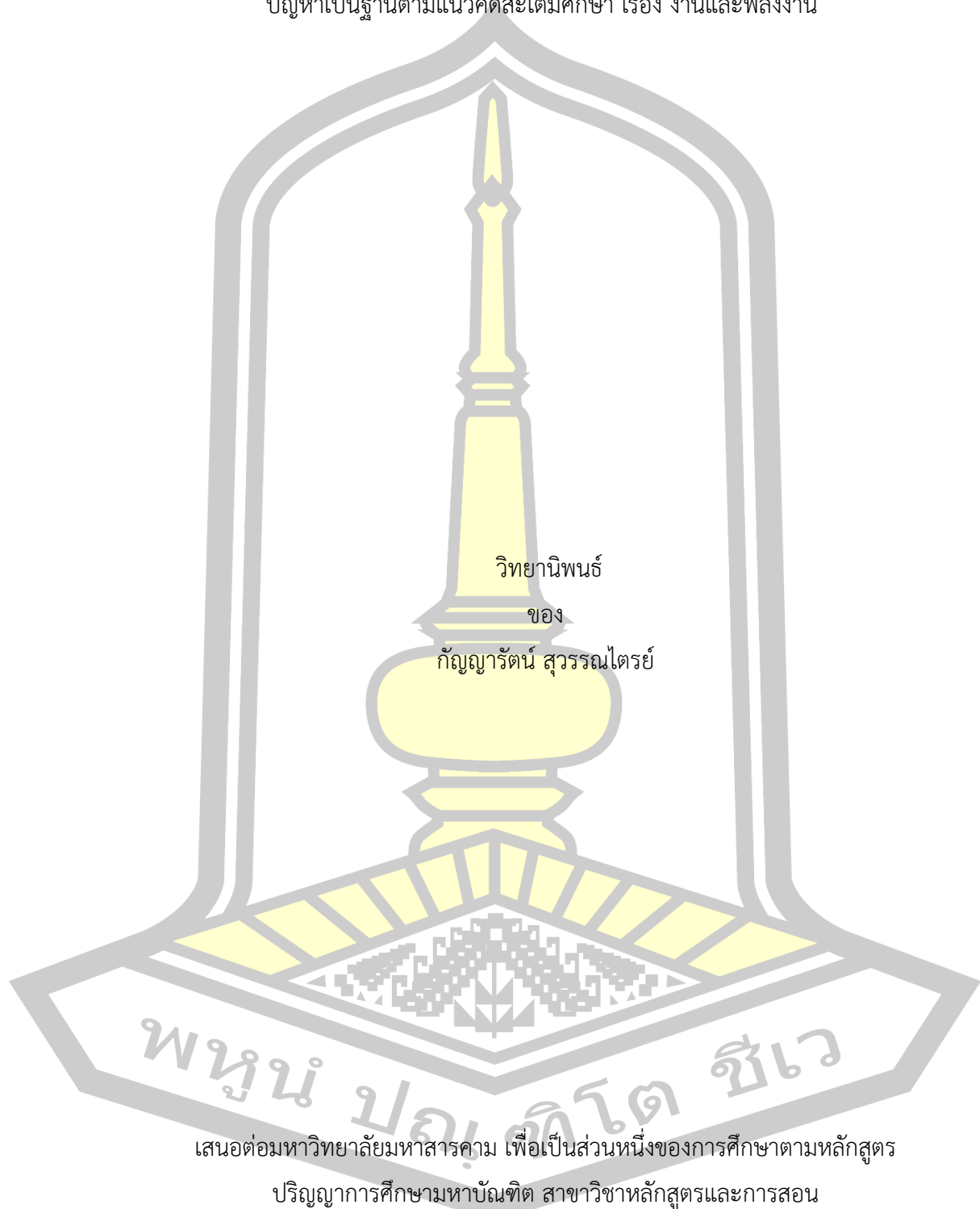
วิทยานิพนธ์
ของ
กัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

สิงหาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน



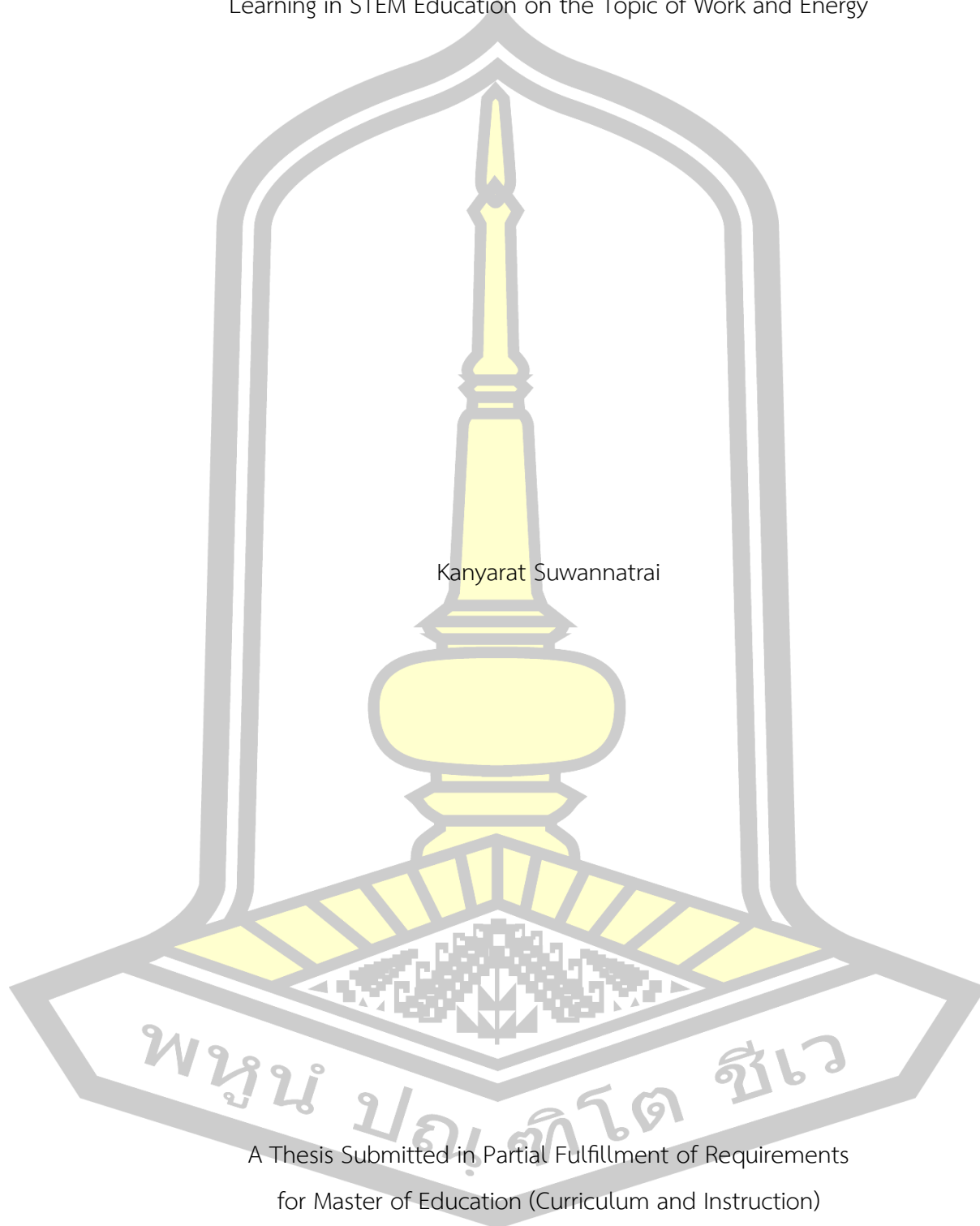
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

สิงหาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Developing Critical Thinking Skills in 10th Grade Students through Problem-Based
Learning in STEM Education on the Topic of Work and Energy



Kanyarat Suwannatrai

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

August 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

กรรมการ

(ผศ. ดร. จูติวรดา พลเยี่ยม)

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมทรง สิริธี)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(ผศ. ดร. พลเดช เขาวรัตน์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน		
ผู้วิจัย	กัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามคิตทางสะเต็มศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ที่มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน จำนวน 6 แผน 2) แบบทดสอบวัดการคิด อย่างมี วิจารณ์ญาณ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมกรคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียน 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาใน วงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 54.88 คิดเป็นร้อยละ 68.60 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 และ มีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 62.29 คิดเป็นร้อยละ 77.87 ซึ่งมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, การคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณ

TITLE	Developing Critical Thinking Skills in 10th Grade Students through Problem-Based Learning in STEM Education on the Topic of Work and Energy		
AUTHOR	Kanyarat Suwannatrai		
ADVISORS	Assistant Professor Kanyarat Sonsupap , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Curriculum and Instruction
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2025

ABSTRACT

This research is a classroom action research aiming to enhance students' critical thinking through problem-based learning (PBL) based on STEM education concepts. The objective was for students to achieve a critical thinking score of at least 70 percent. The target group consisted of 17 out of 24 Mathayomsuksa 4/3 students at Princess Chulabhorn Science High School, Mukdahan, in the second semester of the 2024 academic year, who initially scored below 70 percent in critical thinking assessments. The research instruments included: (1) six problem-based learning lesson plans based on STEM concepts under the unit "Work and Energy," (2) a critical thinking test, (3) a critical thinking behavior observation form, and (4) a student interview form. Data were analyzed using basic statistics: percentage, mean, and standard deviation. The results revealed that after the first action cycle, students' average critical thinking score was 54.88, accounting for 68.60%. Ten students (58.82%) met the 70% criterion, while seven students (41.18%) did not. After implementing the second cycle, the average score increased to 62.29 or 77.87%, and all 17 students (100%) successfully passed the 70% benchmark.

Keyword : Problem-Based Learning Strategies on STEM knowledge, Critical Thinking

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ สอนสุภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์กับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้คำชี้แนะและข้อควรปรับปรุงเพื่อให้ผู้วิจัยได้แก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่อยู่เสมอ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมทรง สิริธรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ให้ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการนำมาแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษาและคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหารทุกท่านที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล และนักเรียนที่เกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยตลอดทั้งกระบวนการให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รักและเคารพยิ่งที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นที่กำลังใจที่สำคัญยิ่งแก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการสอนทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือคำปรึกษา และให้กำลังใจในการทำงานตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

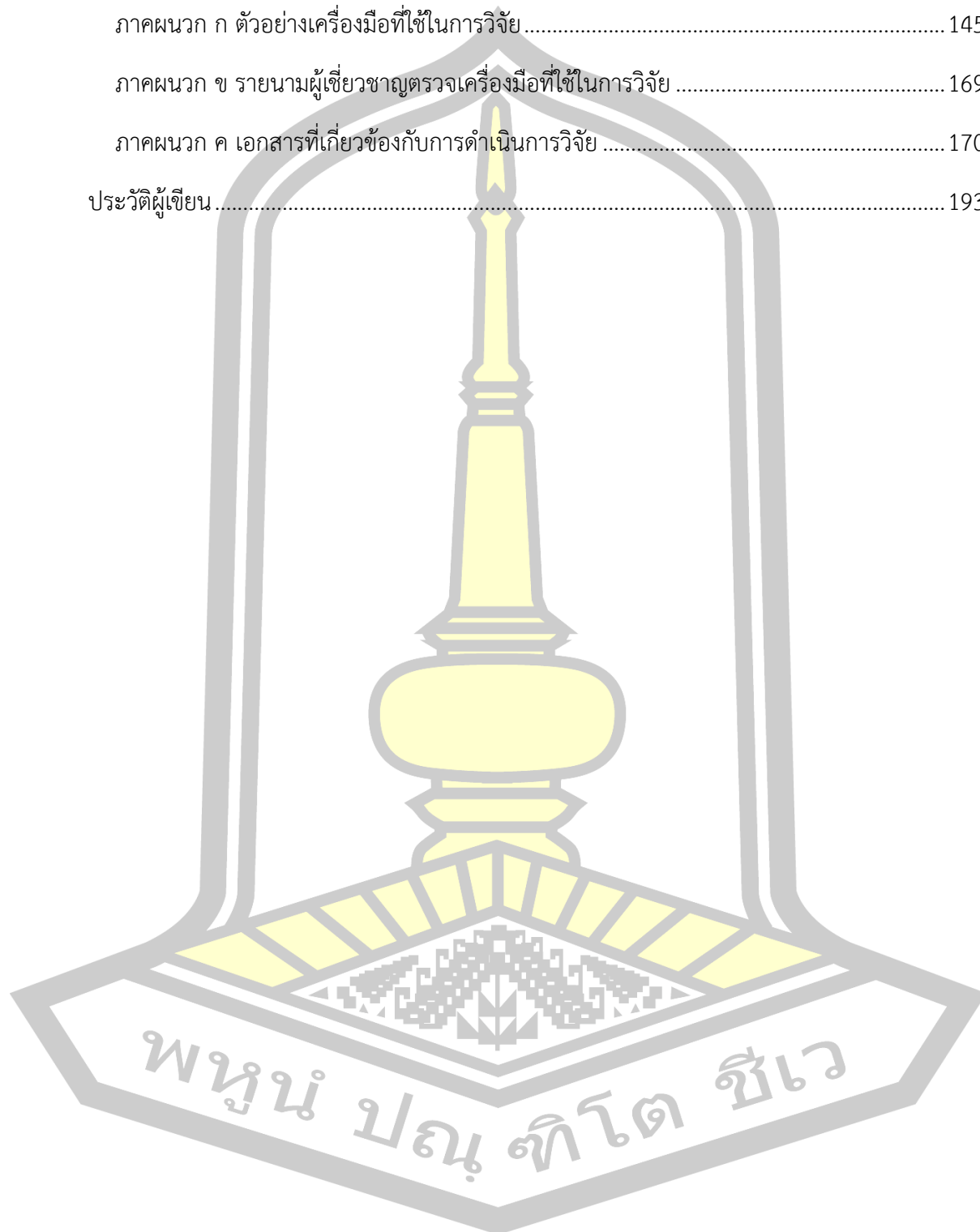
กัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายการวิจัย.....	4
ขอบเขตการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2	9
เอกสารงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	9
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	17
การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	26
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	40

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	45
การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research).....	55
บริบทของโรงเรียน.....	70
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	70
บทที่ 3	78
วิธีดำเนินการ.....	78
กลุ่มเป้าหมาย.....	78
รูปแบบของการวิจัย.....	80
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	83
การสร้างเครื่องมือการวิจัย	83
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	105
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	107
สถิติที่ใช้ในงานวิจัย.....	107
บทที่ 4	109
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	109
ผลการดำเนินการ.....	109
ผลการวิเคราะห์แต่ละวงจรปฏิบัติการ.....	111
บทที่ 5	127
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	127
ความมุ่งหมายของการวิจัย	127
สรุปผล.....	127
อภิปรายผล.....	127
ข้อเสนอแนะ	132
บรรณานุกรม.....	135

ภาคผนวก.....	144
ภาคผนวก ก ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	145
ภาคผนวก ข รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	169
ภาคผนวก ค เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการวิจัย	170
ประวัติผู้เขียน	193

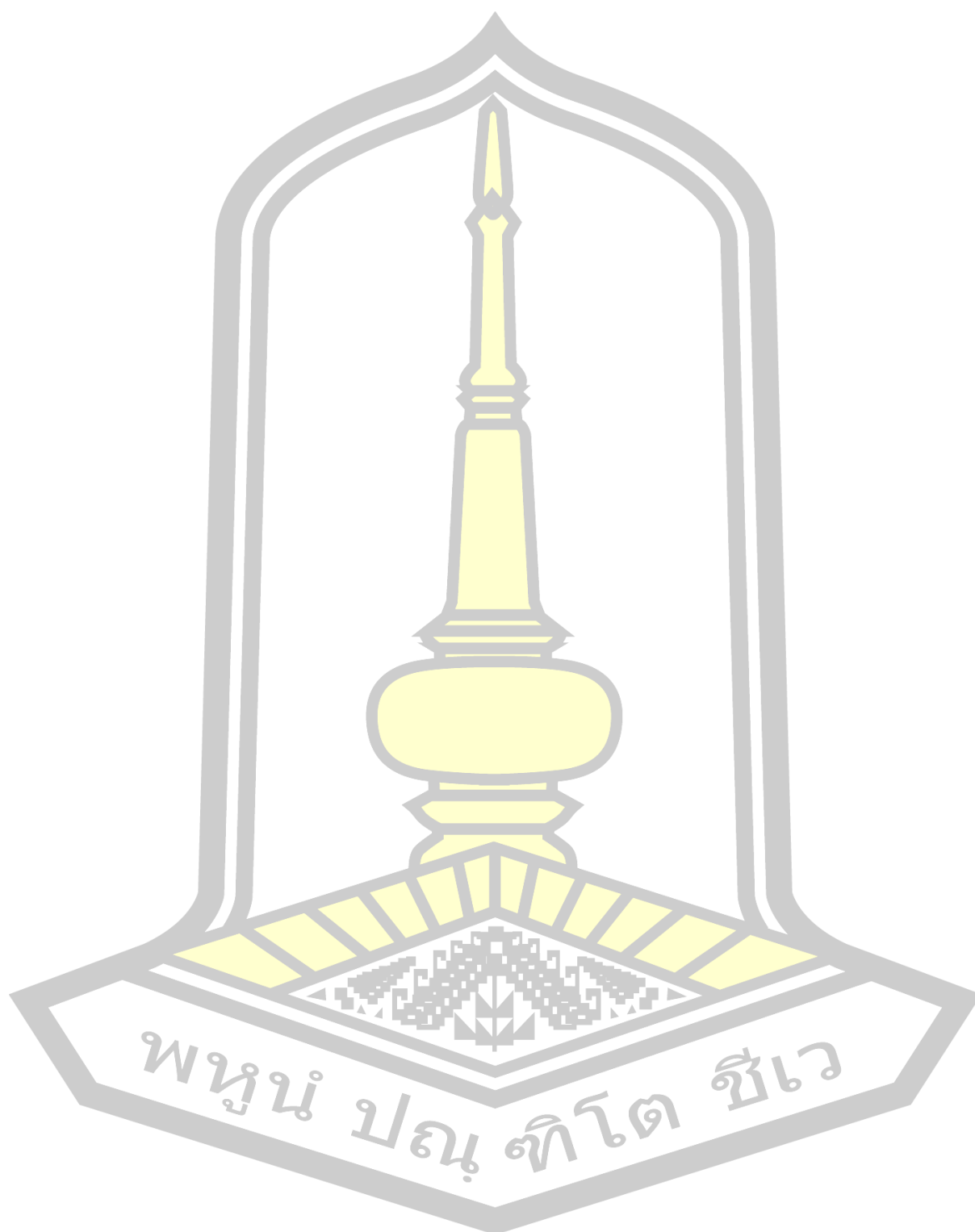


สารบัญตาราง

หน้า

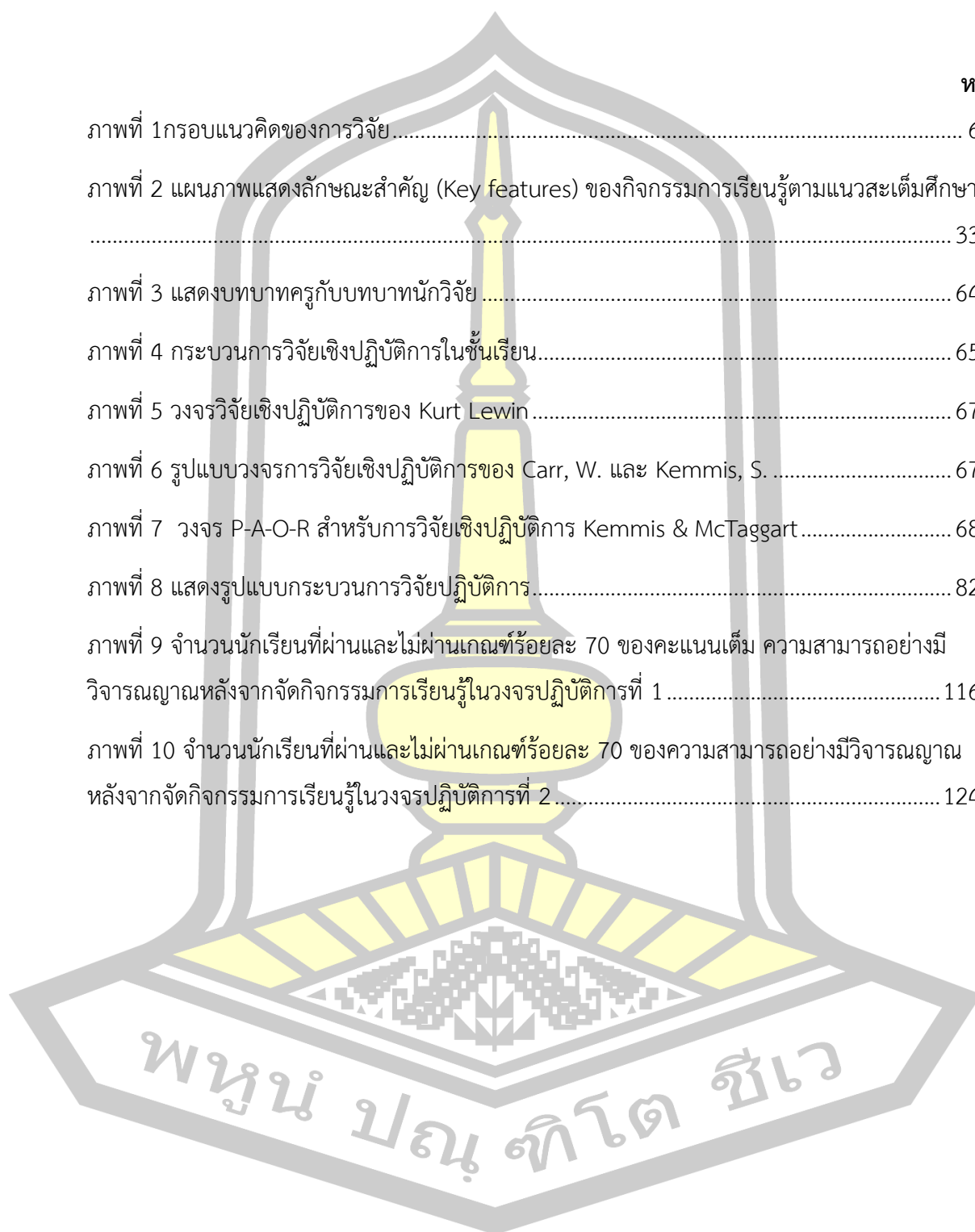
ตารางที่ 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	79
ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1	85
ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ปฏิบัติการที่ 2	88
ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	92
ตารางที่ 5 องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson & Glaser กับจำนวนสถานการณ์แต่ละวงจรปฏิบัติการ	94
ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	94
ตารางที่ 7 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสถานการณ์ปัญหา	98
ตารางที่ 8 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณในส่วนของข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ	98
ตารางที่ 9 แสดงการพิจารณาพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	100
ตารางที่ 10 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสถานการณ์ปัญหา	103
ตารางที่ 11 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2	109
ตารางที่ 12 แสดงคะแนนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	117
ตารางที่ 13 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1	119
ตารางที่ 14 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	125

ตารางที่ 15 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2..... 126



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	6
ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญ (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....	33
ภาพที่ 3 แสดงบทบาทครูกับบทบาทนักวิจัย.....	64
ภาพที่ 4 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน.....	65
ภาพที่ 5 วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kurt Lewin.....	67
ภาพที่ 6 รูปแบบวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Carr, W. และ Kemmis, S.	67
ภาพที่ 7 วงจร P-A-O-R สำหรับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ Kemmis & McTaggart.....	68
ภาพที่ 8 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ.....	82
ภาพที่ 9 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ความสามารถอย่างมี วิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	116
ภาพที่ 10 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจารณญาณ หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	124



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันโลกของเราอยู่ในยุคโลกาภิวัตน์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ เช่น ทาง เศรษฐกิจ การเมือง เทคโนโลยี และวัฒนธรรม เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีนั้นยิ่งส่งผล ต่อเนื้อหาสาระของหลักสูตร ฉะนั้นเพื่อให้การจัดการศึกษาเท่าทันต่อโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ตลอดเวลา โดยการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 นั้นเนื้อหาสาระของหลักสูตรจำเป็นต้องพัฒนา ทักษะใหม่ ๆ ที่จำเป็นต่อผู้เรียนและกลวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ (ฐิตินันท์ ดาว ศร, 2561) ด้วยเหตุนี้โรงเรียนและหลักสูตรจึงจำเป็นต้องปรับปรุงและเปิดโอกาสให้มีการสร้าง หลักสูตรใหม่ กระทรวงศึกษาธิการจึงปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาต่าง ๆ ของผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถที่ทัดเทียมกับสากล

การพัฒนาความสามารถทางการคิดนับเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในยุค ปัจจุบัน เนื่องจากความสามารถด้านนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมี ประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ได้เน้นย้ำถึง ความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณในฐานะสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ซึ่งการจัดการเรียน การสอนควรมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ และคิดอย่างมี วิจารณญาณ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้ อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในยุคที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และ เทคโนโลยี ที่ขับเคลื่อนเข้าสู่สังคมแห่งข้อมูลข่าวสาร การรับรู้ การกลั่นกรอง และการใช้ข้อมูลอย่างมี วิจารณญาณจึงกลายเป็นทักษะจำเป็นสำหรับทุกคน เนื่องจากข้อมูลจากแหล่งเดียวอาจไม่ครอบคลุม หรือแม่นยำเพียงพอ ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องพัฒนาทักษะในการพิจารณา เลือก และประยุกต์ใช้ข้อมูลที่มี อยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศักดิ์ริน บินหมิม, 2564) นอกจากนี้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณยังเป็น องค์ประกอบสำคัญของทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานักเรียน ให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง (เจริญพงศ์ ชมพูนุช, 2563) นักเรียนจะสามารถแสวงหาความรู้ ด้วยตนเอง ใช้เหตุผลได้หลากหลาย วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ประเมินหลักฐาน แปรและ สรุปผลอย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างแนวทางการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้อย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ (Kay & Greenhill, 2011) ทั้งหมดนี้คือคุณลักษณะที่ควรได้รับการปลูกฝังในตัวผู้เรียนอย่างเป็น

ระบบและต่อเนื่อง สะท้อนให้เห็นว่าทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ใช่เพียงแค่ “ทักษะ” แต่เป็นพื้นฐานสำคัญในการดำรงชีวิตและพัฒนาอย่างยั่งยืนในสังคมยุคใหม่

วิชาฟิสิกส์ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเป็นวิชาที่ใช้ตรรกศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่นำไปสู่การพัฒนาทางเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ และในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้บรรจุเนื้อหาฟิสิกส์ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระหนึ่งใน 8 สาระการเรียนรู้ ที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หลักการ กฎ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ สามารถนำหลักการทางฟิสิกส์ไปแก้ปัญหาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ แต่สภาพการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาครูยังคงต้องสอนในรูปแบบที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง เน้นการสอนบรรยายและการแก้ปัญหาโจทย์ การใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนจดจำสมการและการนำไปใช้ จึงทำให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ซึ่งสภาพดังกล่าวสอดคล้องกับ ชูติมา พันธุมาตร (2562) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่มีจุดเน้นในเรื่องแนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะการสำรวจตรวจสอบ ทักษะการทดลอง แต่ยังไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองและครูบางคนสอนโดยการเน้นความจำมากกว่าการคิดขั้นสูง ในขณะที่ครูบางคนได้เน้นกระบวนการคิดในการสอนแต่ยังไม่ได้เน้นกระบวนการคิดในการประเมิน โดยปัจจุบันการจัดการเรียนรู้ส่วนใหญ่ควรเพิ่มกิจกรรมที่ครูมีการแนะแนวทางและเปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบกิจกรรมด้วยตนเอง และเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ทั้งนี้ นักการศึกษานักการศึกษามีความเชื่อว่า การคิดเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นและเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาต่าง ๆ ที่ต้องเผชิญในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังพบประเด็นเรื่องความยากในวิชาฟิสิกส์ที่มาจากการแก้ปัญหาโจทย์ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงสถานการณ์ที่แสดงปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ การนำนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎีมาใช้ อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนไม่สามารถเริ่มแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาด้วยตัวเองได้ และไม่มีขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้องอย่างเพียงพอ

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีข้อจำกัดในการระบุประเด็นปัญหา การตีความสารสนเทศ การสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ตลอดจนการวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหามีขั้นตอน สังเกตจากผู้เรียนมักไม่สามารถแยกแยะปัญหาหลักออกจากข้อมูลรอง ตีความข้อมูลตามความเข้าใจส่วนตัวโดยขาดเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน อีกทั้งยังมีขาดการวางแผนอย่างเป็นระบบ จึงมักใช้วิธีแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกมากกว่าการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ ซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) ประกอบด้วยความสามารถในการทำความเข้าใจและกำหนดปัญหา การตีความข้อมูลอย่างมีเหตุผล การใช้ข้อมูลและหลักฐานประกอบการตัดสินใจ ตลอดจนการวางแผนและประเมินผลการแก้ไขปัญหอย่างเป็น

ระบบ ดังนั้น การขาดทักษะในด้านดังกล่าวย่อมส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถดำเนินกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้อย่างครบถ้วน เพื่อประเมินระดับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน จึงได้นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่พัฒนาโดย หัสนันท์ เพ็งสันเทียะ (2563) มาใช้ โดยแบบทดสอบดังกล่าวเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ออกแบบในลักษณะสถานการณ์ จำนวน 4 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มีข้อความ 5 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบการคิดอย่างมี วิจารณญาณตามกรอบแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) รวมจำนวนทั้งสิ้น 20 ข้อ ทำการ ทดสอบกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 24 คน ผลการประเมินพบว่า นักเรียน จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.84 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อันเป็นเกณฑ์ผ่านที่กำหนด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำ การที่ผู้เรียนมีคะแนนการ คิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับต่ำ ส่งผลกระทบต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากผู้เรียน อาจขาดความสามารถในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลอย่างลึกซึ้ง ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้จาก หลายแหล่งเพื่อสร้างข้อสรุปที่มีเหตุผล และอาจไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาใน บริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ที่มุ่งเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ เพื่อยกระดับสมรรถนะการเรียนรู้ และความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนอย่างยั่งยืน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Problem-Based Learning Strategies on STEM knowledge) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการจัดการ เรียนรู้นี้จะเน้นสถานการณ์ปัญหาตามแนวการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมาวมกับการจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะใช้สถานการณ์ปัญหาจริงหรืออาจจัด สภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญมาเป็นบริบทของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็น กลุ่ม รวมถึงฝึกทักษะการคิดขั้นสูง เกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหา และทักษะในการทำงานร่วมกับ ผู้อื่น (สายชล สุกร, 2562) นอกจากนี้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแนว ทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (สถาบันการส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) เมื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริม การคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้อง กับ วรณิสา ร้อยกรอง (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และ กำหนดสถานการณ์/ปัญหาที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยเพิ่มทักษะ ต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างดำเนินกิจกรรมได้แก่ การระบุปัญหา

การตั้งสมมติฐานรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญห กำหนดตัวแปรทดลอง สรุปผลการทดลอง ประเมินและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานซึ่งสอดคล้องกับ Lou, et al. (2011) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการสืบเสาะ ลงมือสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูลหลักฐาน หรือประจักษ์พยานเพื่อตีความแปลความ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นความรู้แนวคิดหรือหลักการ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาเป็นจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากรู้คิดอย่างมีเหตุผล และต้องการสำรวจตรวจสอบหาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่มในขณะที่คร่ำหน้ำที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวให้นักเรียน โดยทั้งหมดจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืน

จากหลักการและเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน

ความมุ่งหมายการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยจากนั้นนำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่หัตสนัส เพ็งสันเทียะ (2563) ได้สร้างขึ้นซึ่งเป็นการทำแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีลักษณะเป็นสถานการณ์จำนวน 4 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามที่สร้างขึ้นตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) สถานการณ์ละ 5 ข้อ ข้อละ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. ตัวแปรในการวิจัย

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรื่อง งานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

4. ระยะเวลาในการวิจัย

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งสิ้น 2 วงจร ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผนดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานและกำลัง	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พลังงาน	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 งานและพลังงานจลน์	จำนวน 2 คาบ

วงจรปฏิบัติการที่ 2

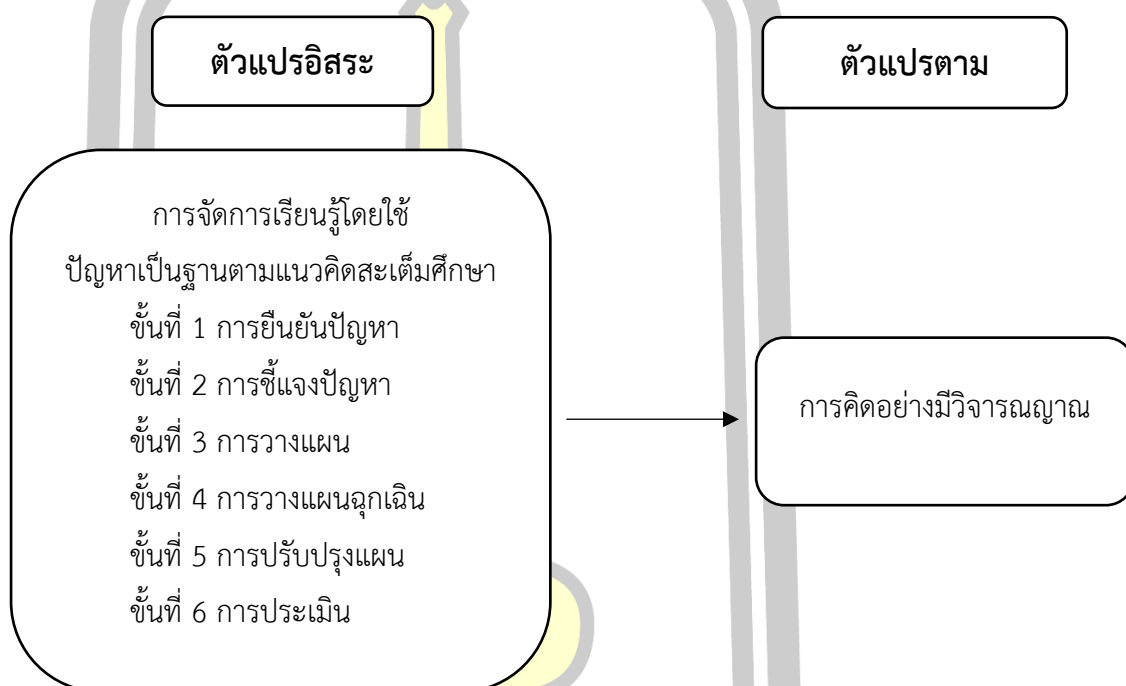
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 งานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 กฎการอนุรักษ์พลังงาน	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เครื่องกล	จำนวน 2 คาบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงและประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อรายวิชาฟิสิกส์ให้กับบุคลากรทางการศึกษาต่อไป

กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะไว้ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชา ประกอบด้วย การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาใช้ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ โดยครูเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ถูกจำลองขึ้นมา เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และแสวงหาความรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาค้นคว้าและร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิดความเข้าใจ ปัญหา และนำองค์

ความรู้มาใช้แก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Lou et al. (2011) มีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง โดยสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง เนื่องจากจะช่วยให้ผู้เรียนช่วยกันสรุปข้อมูล ปัญหาต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม โดยสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เนื่องจากช่วยให้นักเรียนพิจารณาตัดสินข้อมูลและระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 3 การวางแผน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้อง ระบุถึงกรอบการทำงาน และปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน โดยสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เนื่องจากช่วยให้นักเรียนพิจารณาตัดสินข้อมูล แนวทางในการออกแบบและการวางแผนได้

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนการสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้ โดยสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น เนื่องจากช่วยให้นักเรียนพิจารณาวางแผนการออกแบบสำรองในกรณีแผนในขั้นที่ 3 ประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องดำเนินการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน โดยสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 3 การนิรนัย เนื่องจากช่วยให้นักเรียนพิจารณาเหตุและผล ในการดำเนินการปรับปรุงแผนการของผู้เรียนได้

ขั้นที่ 6 การประเมิน ขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุง รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด โดยสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านที่ 4 การตีความ และด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง เนื่องจากจะช่วยให้ผู้เรียนการตีคุณค่า สะท้อนผลกิจกรรม และการประเมินข้อสรุปนั่นเอง

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดอย่างรอบด้านจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มี เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ รวมทั้งพิจารณาคุณค่าที่แท้จริงของเรื่องที่คิด ซึ่งมี 5 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 การสรุปอ้างอิง หมายถึง การแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในข้อความหรือสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งความคิดเห็นนั้นอาจจะเป็นความจริงหรือบอกได้ว่าไม่เป็นความจริง ในกรณีที่ข้อมูลยังไม่เพียงพอ หรือการลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้

ด้านที่ 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การพิจารณาและตัดสินข้อมูลที่สมมติขึ้นหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในแต่ละข้อว่าเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

ด้านที่ 3 การนิรนัย หมายถึง การคิด พิจารณา ข้อความเกี่ยวกับเหตุและผลของข้อความหลักที่มีอยู่ก่อน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของข้อความนั้น

ด้านที่ 4 การตีความ หมายถึง การคิดพิจารณา ข้อความย่อยว่าเป็นความจริงตามข้อความที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ

ด้านที่ 5 การประเมินข้อโต้แย้ง หมายถึง การตีคุณค่า การประเมินคำตอบ การประเมินข้อสรุปของข้อความและการตัดสินความถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด

โดยเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยแบบสถานการณ์เพื่อวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 5 ด้าน ตามแนวคิดของ Watson และ Glasser (1937) มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ชุด ชุดละ 4 สถานการณ์ (20 ข้อ) โดยจะทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 และหลังการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งแบบทดสอบมีเนื้อหาอ้างอิงจากบทเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้



บทที่ 2

เอกสารงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ข้อมูล แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
2. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
4. การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
6. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
7. บริบทของโรงเรียน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ก่อเกิดเป็นกระบวนการและความรู้ โดยใช้วิธีการสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายสำคัญ ดังนี้

- 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 5) เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.2 สาระสำคัญในวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ สามารถนำทักษะสำคัญไปใช้ในการ ค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน รวมถึงมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงที่เหมาะสม กับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรมความหลากหลายทางชีวภาพ และ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2) วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสารการเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3) วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4) เทคโนโลยี

4.1) การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการ ดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

4.2) วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 สารและมาตรฐานการเรียนรู้ องค์ประกอบของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน รวมไปถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงกำหนดสารและมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสารความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวันธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิดและวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลกกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.4 โครงสร้างหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2561) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : ฟิสิกส์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่ แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

2.2.1 วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพื่ออธิบาย ความเร่งของวัตถุ

2.2.2 สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุโดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์

2.2.3 สังเกต วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อ วัตถุและมวลของวัตถุ

2.2.4 สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ

2.2.5 สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ ได้แก่การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น

2.2.6 สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ รอบโลก

2.2.7 สังเกตและอธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กเนื่องจากกระแสไฟฟ้า

2.2.8 สังเกตและอธิบายแรงแม่เหล็กที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก และแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในสนามแม่เหล็ก รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์

2.2.9 สังเกตและอธิบายการเกิดโอเอ็มเอฟ รวมทั้งยกตัวอย่างการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.2.10 สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงเข้มและแรงอ่อน
มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

2.3.1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายพลังงานนิวเคลียร์ฟิชชันและฟิวชัน และความสัมพัทธ์ระหว่างมวลกับ พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากฟิชชันและฟิวชัน

2.3.2 สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและ อภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้าน พลังงานโดยเน้นด้าน ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย

2.3.3 สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเหการเลี้ยวเบน และการรวมคลื่น

2.3.4 สังเกต และอธิบายความถี่ธรรมชาติการสั่นพ้อง และผลที่เกิดขึ้นจากการสั่นพ้อง

2.3.5 สังเกต และอธิบายการสะท้อน การหักเหการเลี้ยวเบน และการรวมคลื่นของคลื่นเสียง

2.3.6 สืบค้นข้อมูล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเสียงกับระดับเสียง และผลของความถี่ กับระดับเสียงที่มีต่อการได้ยินเสียง

2.3.7 สังเกต และอธิบายการเกิดเสียงสะท้อนกลับ บีต ดอปเพลอร์ และการสั่นพ้องของเสียง

2.3.8 สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับเสียงไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

2.3.9 สังเกต และอธิบายการมองเห็นสีของวัตถุและความผิดปกติในการมองเห็นสี

2.3.10 สังเกต และอธิบายการทำงานของแผ่นกรองแสงสีการผสมแสงสีการผสมสารสีและการ นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

2.3.11 สืบค้นข้อมูลและอธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนประกอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และหลักการ ทำงานของอุปกรณ์บางชนิดที่อาศัย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.3.12 สืบค้นข้อมูลและอธิบายการสื่อสาร โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการส่งผ่านสารสนเทศ และเปรียบเทียบการสื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อกกับสัญญาณดิจิทัล

สาระพิลึกเพิ่มเติม

1) เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรงแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุงาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจแรงไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงาน ไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและ กฎของฟาราเดย์ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของ ของเหลว ของไหลอุดมคติและสมการแบร์นูลลีกฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานใน ระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ปฏิกิริยานิวเคลียร์พลังงานนิวเคลียร์ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.5 คำอธิบายรายวิชา กลศาสตร์ 2 (ว31202) จำนวน 1.5 หน่วยกิต มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

ศึกษาและวิเคราะห์งานเนื่องจากแรงคงที่และไม่คงที่ การทำงานเนื่องจากแรงคงที่และแรงไม่คงที่ โดยใช้การวิเคราะห์กราฟและแคลคูลัสเบื้องต้น กำลัง พลังงานศักย์และพลังงานจลน์ ทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ทฤษฎีบทการดล-โมเมนตัม กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น การชนแบบยืดหยุ่นในหนึ่งมิติและสองมิติการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ในหนึ่งมิติและสองมิติการเคลื่อนที่แบบหมุนการกระจัดเชิงมุม ความเร็วเชิงมุม ความเร่งเชิงมุม การหาจุดศูนย์กลางมวลด้วยพีชคณิต ระบบอนุภาค โมเมนต์ความเฉื่อย การหาโมเมนต์ความเฉื่อยโดยใช้แคลคูลัส ทฤษฎีแกนขนานทอร์ก กฎข้อที่สองของนิวตัน

สำหรับการหมุน งานและพลังงานเนื่องจากการหมุน โมเมนตัมเชิงมุมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงมุม กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม การกลิ้งแบบไม่ไถลและพลังงานเนื่องจากการกลิ้ง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย การเปรียบเทียบการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม การเคลื่อนที่ของมวลติดสปริง การแกว่งของลูกตุ้ม พลังงานของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย สมดุลสถิต สมดุลจลน์สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน แรงคู่ควบและโมเมนต์ของแรงคู่ควบ การประยุกต์หลักของสมดุล สมดุลสัมบูรณ์สมดุลเสถียร สมดุลไม่เสถียร และสมดุลสะเทิน

เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตของตนเองได้ มีจิตวิทยาศาสตร์จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์การสืบเสาะหาความรู้การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป

1.5.1 ผลการเรียนรู้

1) วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย (สาระพิสิคส์ข้อ 1/10 ม.4)

2) อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงาน กับพลังงานจลน์ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์(สาระพิสิคส์ข้อ 1/11 ม.4)

3) อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล (สาระพิสิคส์ข้อ 1/12 ม.4)

4) อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม (สาระพิสิคส์ข้อ 1/14 ม.4)

5) ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุใน 1 มิติทั้งแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันใน 1 มิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (สาระพิสิคส์ข้อ 1/15 ม.4)

6) อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุใน 2 มิติทั้งแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นและการตีตัวแยกจากกันใน 2 มิติ

7) ทำกิจกรรม สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเคลื่อนที่แบบหมุน ปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบหมุนและความสัมพันธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการหมุนสามารถนำหลักการที่ได้ไปวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

8) วิเคราะห์อธิบายเกี่ยวกับจุดศูนย์กลางมวล และคำนวณตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล กรณีมวลกระจายอย่างสม่ำเสมอได้

9) วิเคราะห์อธิบายและคำนวณโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนหมุนของวัตถุ กรณีมวลกระจายอย่างสม่ำเสมอโดยใช้พีชคณิตแคลคูลัส และทฤษฎีแกนขนาน

10) ทำกิจกรรม วิเคราะห์และอธิบายเกี่ยวกับทอร์ก โมเมนต์ความเฉื่อยและความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับโมเมนต์ความเฉื่อย ทอร์กกับโมเมนต์เชิงมุม กฎการอนุรักษ์โมเมนต์เชิงมุม ตลอดจนใช้พีชคณิตหรือแคลคูลัส คำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ตัวอย่างที่กำหนด

11) วิเคราะห์ อธิบายเกี่ยวกับพลังงานของการเคลื่อนที่แบบหมุน การทำงานในการหมุน กำลังเนื่องจากการหมุน และนำหลักการที่ได้ไปวิเคราะห์และคำนวณหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์ตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

12) ทดลอง และอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของวัตถุติดปลายสปริง และลูกตุ้มอย่างง่าย รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (สาระฟิสิกส์ข้อ 2/1 ม.5)

13) อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมมูลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมมูลของแรงสามแรง (สาระฟิสิกส์ข้อ 1/8 ม.4)

14) อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกลรวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล (สาระฟิสิกส์ข้อ 1/13 ม.4)

15) สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุยกตัวอย่างการนำหลักการของสมมูลไปใช้ในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน (สาระฟิสิกส์ข้อ 1/9 ม.4)

16) อธิบาย และคำนวณเกี่ยวกับการนำหลักการของสมมูลไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

วรวิทย์ ต้นชนะเทวินทร์ (2563) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้พัฒนา มาจากความคิดของ John Dewey นักการศึกษาของอเมริกัน John Dewey ให้คำแนะนำว่า นักศึกษาควรจะนำเสนอปัญหาในชีวิตจริงและช่วยในการหาคำตอบโดยการค้นพบข้อมูลในการ แก้ปัญหาของนักศึกษาเอง และเริ่มมีการใช้ใหม่อีกครั้ง ในปี ค.ศ.1960 ในรูปแบบของการสอนแบบใฝ่ รู้ในวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากผลงานของ Bruner และ Piaget (1960) วิธีการเรียนรู้ที่ใช้ ปัญหาเป็นหลักเป็นการเรียนที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ เทคนิคกระบวนการแก้ปัญหาแบบ กลุ่มและการเรียนเป็นรายบุคคลและในปี ค.ศ.1971 และ Haward Barrow (1971) เป็นผู้นำการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้กับนักศึกษาแพทย์เป็นครั้งแรกที่มหาวิทยาลัย Mc Master ประเทศ แคนาดา เพื่อให้นักศึกษาแพทย์ได้รับความรู้แบบบูรณาการสามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้ทักษะการ แก้ปัญหาเกี่ยวกับผู้ป่วยสำหรับประเทศไทยได้มีการนำแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมา ใช้ครั้งแรกในหลักสูตรแพทยศาสตรบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2531 และมีการนำมาประยุกต์ใช้ใน หลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ และพยาบาลศาสตร์ ของสถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษาอื่น ๆ อารมณ์ แสงรัศมี (2543) ทั้งนี้กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยังสอดคล้องกับ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 2542 หมวด 4 แนวการจัดการศึกษามาตรา 24 ที่กล่าวถึง กระบวนการเรียนรู้ โดยให้มีการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมที่การฝึกทักษะ กระบวนการคิด การ จัดการและการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาผู้เรียนจากประสบการณ์จริง โดยฝึก การปฏิบัติ ผสมผสานสาระความรู้ต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน เป็นลักษณะของการสอนโดยใช้ปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยใช้สถานการณ์ ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเกี่ยวข้องกับ ชีวิตจริง เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ สนใจ เพื่อให้ผู้เรียน แสวงหาความรู้และทำการศึกษา ค้นคว้าจนพบคำตอบด้วยตนเองและรู้จักการทำงานร่วมกันภายใน กลุ่ม แล้วนำความรู้ที่ได้มา ร่วมกันอภิปราย ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิด แก้ปัญหา การเรียนรู้ โดยครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และสนับสนุนในการเรียน

สายชล สุกร (2562) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการ จัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะใช้สถานการณ์ปัญหาจริงหรืออาจจัด สภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญมาเป็นบริบทของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็น

กลุ่ม รวมถึงฝึกทักษะการคิดขั้นสูง เกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหา และทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ณัฐ เนาว์ช้าง (2562) กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนจะนำปัญหาในชีวิตประจำวันหรือประเด็นทางสังคมต่าง ๆ ที่ผู้เรียนสนใจ มากระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด และประสบการณ์จากการเรียนรู้ที่ผ่านมาของตัวผู้เรียน เพื่อใช้ในการสร้างข้อสรุปหรือหาคำตอบของปัญหา โดยผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม การสืบเสาะหาความรู้ การอภิปรายข้อมูลและการวิพากษ์วิจารณ์ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กล่าวคือผู้เรียนจะมีบทบาทในการเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ส่วนครูผู้สอนเปลี่ยนหน้าที่จากผู้บรรยายถ่ายทอดความรู้ มาเป็นผู้สนับสนุน ส่งเสริม แนะนำ สร้างแรงบันดาลใจ และอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ การทำงานเป็นกลุ่ม และการสื่อสารกับบุคคลอื่น ๆ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีพในอนาคต เช่น ทักษะการสืบค้น ทักษะชีวิต ทักษะการสื่อสาร ทักษะการจัดระบบข้อมูล ทักษะการคิดขั้นสูง และทักษะการใช้เทคโนโลยี

สรวิทย์ นาคเกษม (2564) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นด้วยที่สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานความต้องการของผู้เรียน และได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่ม แล้วนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาร่วมกันอภิปราย โดยครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและสนับสนุนในการเรียน

อรอนงค์ เมืองคง (2565) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดจาก การใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาวิธีแก้ปัญหา โดยเน้นการฝึก กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจปัญหานั้นอย่างชัดเจน และทำให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและแก้ปัญหา

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่นำเอาปัญหามาเป็นการนำหรือเป็นส่วนเข้าสู่บทเรียน โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดอย่างเป็นระบบ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดแก้ปัญหา ซึ่งมาสู่การค้นคว้าที่ได้มาซึ่งคำตอบผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ส่วนครูผู้สอนเปลี่ยนหน้าที่จากผู้บรรยายถ่ายทอดความรู้ มาเป็นผู้สนับสนุน ส่งเสริม แนะนำ สร้างแรงบันดาลใจ และอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน

2.3 แนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

นักวิชาการ นักการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา ได้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

Knowles (1975) มีแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ (Andragogy) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้จะเรียนได้มากที่สุดเมื่อผู้เรียนมีส่วนเกี่ยวข้องในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งทฤษฎีดังกล่าวตั้งอยู่บนข้อสมมติฐานการเรียนรู้ 4 ประการ ดังนี้

1) อัตมโนทัศน์ (Self-Concept) เมื่อบุคคลเจริญเติบโตและมีวุฒิภาวะมากขึ้น ความรู้สึกรับผิดชอบต่อตนเองก็มีมากขึ้นตามลำดับ และหากบุคคลรู้สึกว่าคุณค่าตนเองเจริญวัยและมีวุฒิภาวะถึงขั้นที่ควบคุมและนำตนเองได้ บุคคลจะเกิดความต้องการทางจิตใจเพื่อที่จะได้ควบคุมและนำตนเอง

2) ประสบการณ์ (Experience) บุคคลเมื่อมีอายุมากขึ้นก็ยังมีประสบการณ์เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ประสบการณ์ต่าง ๆ ที่แต่ละคนได้รับเปรียบเสมือนแหล่งทรัพยากรมหาศาลของการเรียนรู้ และสามารถรองรับการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นได้อย่างกว้างขวาง

3) ความพร้อม (Readiness) ผู้ใหญ่พร้อมที่จะเรียนเมื่อเห็นว่าสิ่งที่เรียนนั้นมีความหมายและมีความจำเป็นต่อบทบาทและสถานภาพทางสังคม ผู้ใหญ่เป็นผู้ที่มีหน้าที่การงาน มีบทบาทในสังคม ผู้ใหญ่จึงพร้อมที่จะเรียนเสมอถ้าหากสิ่งนั้นมีประโยชน์ต่อตนเอง

4) แนวโน้มต่อการเรียนรู้ (Orientation to Learning) ผู้ใหญ่เป็นผู้มีบทบาทสถานภาพทางสังคม การเรียนรู้ของผู้ใหญ่จึงเป็นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ยึดปัญหาเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้

Schmidt (1983, อ้างอิงใน กนกวรรณ เขียวน้ำชุม, 2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีหลักการที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ 3 ประการ ดังนี้

1) การกระตุ้นความรู้เดิม (Activation of Prior Knowledge) ความรู้เดิมของผู้เรียนเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้อย่างมาก ในการเรียนรู้สิ่งใหม่ต้องอาศัยความรู้เดิมเป็นพื้นฐาน ดังนั้นก่อนที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ ผู้สอนจึงต้องมีวิธีการที่คอยกระตุ้นความรู้เดิมออกมาจากความทรงจำของผู้เรียน เพื่อนำออกมาใช้ให้ได้มากที่สุด

2) การเสริมความรู้ใหม่ (Encoding Specificity) ประสบการณ์ที่จัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยเฉพาะประสบการณ์ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์จริงที่ผู้เรียนต้องพบเจอหลังจบการศึกษา จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้ใหม่มากขึ้น ถ้ายังมีความคล้ายคลึงกันระหว่างสิ่งที่เรียนรู้อยู่มาและสิ่งที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากเท่าไร ยิ่งเรียนรู้ได้มากขึ้นเท่านั้น

3) การต่อเติมความเข้าใจให้สมบูรณ์ (Elaboration of Knowledge) ความเข้าใจข้อมูลต่าง ๆ จะสมบูรณ์ได้ หากผู้เรียนมีการต่อเติมความเข้าใจด้วยการตอบคำถาม การจดบันทึก การอภิปรายกับผู้อื่น การตั้งและทดสอบสมมติฐาน หรือการสรุปสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ จดจำได้ง่าย และสามารถนำออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว

ทองจันทร์ หงส์ดารมภ์ (2531) กล่าวถึงแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 2 ประการ คือ การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Learning) และการเรียนรู้แบบเอกัตภาพ (Individualized Learning) ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1) การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีแนวคิดอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีมนุษยนิยมของโรเจอร์ (Rogers) ที่เชื่อว่าเป้าหมายของการศึกษา คือ การอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงในโลกและเกิดการเรียนรู้ การที่คนเราอยู่ในโลกที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องได้อย่างมั่นคง คนต้องเรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร เนื่องจากไม่มีความรู้ใดที่มั่นคง ดังนั้นการที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการแสวงหาความรู้เท่านั้น จึงจะทำให้เกิดพื้นฐานที่มั่นคง ซึ่งโรเจอร์ได้เน้นความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) เพราะถือว่าการเปลี่ยนแปลงนั้น กระบวนการสำคัญกว่าความรู้ที่หยุดนิ่ง เป้าหมายของการศึกษา คือ การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้บุคคลมีพัฒนาการและเจริญเติบโตไปสู่การทำงานได้เต็มศักยภาพ

2) การเรียนรู้แบบเอกัตภาพ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกันให้กับกลุ่มผู้เรียน เทคนิคการสอนอาจใช้อย่างเดียวหรือหลายอย่างร่วมกัน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนระบุเป้าหมาย เลือกวิธีการเรียน เลือกสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ให้เหมาะสมกับตนเอง

Gijselaers (1996, อ้างอิงใน กนกวรรณ เขียวน้ำชุม, 2563) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เกิดจากแนวคิดของกลุ่มจิตวิทยาการรู้คิด (Cognitive Psychology) ที่กล่าวว่าการเรียน คือ กระบวนการสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานของความรู้ที่มีอยู่ ซึ่งมีหลัก 3 ประการ ดังนี้

1) การเรียนเป็นกระบวนการสร้างไม่ใช่กระบวนการรับ การเรียนรู้เกิดจากการสร้างความรู้เชื่อมโยงกันเป็นเครือข่ายมโนทัศน์ที่มีความหมาย ข้อมูลใหม่จะเกิดขึ้นจากการระลึกถึงความรู้เดิมที่มีและเคยใช้ความรู้นั้น ๆ ในการแก้ปัญหา กล่าวคือ ความรู้เดิมจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้สิ่งใหม่

2) การรู้เกี่ยวกับสิ่งที่รู้ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ (Knowing about Knowing Affects Learning) การเรียนรู้จะแกร่งกล้าขึ้น หากผู้เรียนมีทักษะในการกำกับตนเอง เป็นความสามารถที่เรียกว่าอภิปัญญาหรือเมตาคอกนิชัน (Metacognition) หมายถึง การที่บุคคลระลึกว่าตนรู้อะไรและยังไม่รู้อะไร สามารถควบคุมและตรวจสอบความคิดทั้งหมดของตนเองได้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ กล่าวคือ ผู้เรียนมีการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ว่าจะทำอะไร สามารถเลือกกลวิธีในการวางแผนกำกับควบคุม และมีการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองด้วยการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งการที่จะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหานั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับ

กับการมีความรู้ในตัวเองเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งความสำเร็จและบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ปัจจัยทางสังคมและองค์ประกอบแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ เป็นปัจจัยที่เป็นตัวนำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในความรู้ และสามารถนำไปใช้เป็นกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการในการศึกษาระดับสูงขึ้น รูปแบบการเรียนรู้ที่เป็นไปได้ตามสภาพแวดล้อมที่ทำให้ผู้เรียนได้ประสบกับปัญหาจริง หรือการได้ปฏิบัติเกี่ยวกับอาชีพ ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้เกี่ยวกับการรู้คิดไปใช้ในการแก้ปัญหา และปัจจัยทางสังคมนั้นมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล นั่นคือ การทำงานเป็นกลุ่มทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันอันจะก่อให้เกิดทางเลือกหลากหลายที่จะไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา

Hmelo & Evensen (2000, อ้างอิงใน พิมพ์เพชร ไปเจอะ, 2563) ได้กล่าวสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ว่าเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของ เพียเจต์ (Piaget) และวิกอตสกี (Vygotsky) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญา ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการสร้างความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดการซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ นอกจากนั้นยังมีทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบของบรูเนอร์ (Bruner) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงมาจากการค้นพบของแต่ละบุคคล โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในกระบวนการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เมื่อผู้เรียนเผชิญกับปัญหาที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา และผลักดันให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อแก้ปัญหา

สรุปได้ว่าแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นำปัญหาให้นักเรียนได้คิดได้ไตร่ตรอง สืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในกระบวนการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เมื่อผู้เรียนเผชิญกับปัญหาที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการค้นคว้าเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อต่อเติมความเข้าใจด้วยการหาคำตอบ การจดบันทึก การอภิปรายกับผู้อื่น การตั้งและทดสอบสมมติฐาน หรือการสรุปสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ จดจำได้ง่าย และสามารถนำออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว

2.4 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้มีนักวิชาการ นักการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา ผู้กล่าวไว้ ดังนี้

Barrows (1996) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1) ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางภายใต้การแนะแนวทางของผู้สอน ผู้เรียนจะต้องรับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ระบุสิ่งที่ตนต้องการจะรู้เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้นโดยแสวงหาความรู้จากแหล่งที่จะให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ โดยอาจมาจากหนังสือ วารสาร คณาจารย์ หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2) การเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 5-8 คน พร้อมกับผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพด้วยความหลากหลายของบุคคลต่าง ๆ

3) มีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือแนะแนวทาง ผู้สอนจะไม่บอกข้อมูลและไม่สอนแบบบรรยาย ไม่บอกผู้เรียนว่าคิดถูกหรือผิด ไม่บอกว่าสิ่งใดที่ผู้เรียนต้องศึกษาหรืออ่าน แต่มีบทบาทในการตั้งคำถามให้ผู้เรียนถามตนเอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้น และจัดการปัญหาด้วยตนเอง

4) รูปแบบของปัญหามุ่งให้มีการรวบรวมข้อมูลและกระตุ้นการเรียนรู้ ปัญหาที่นำเสนอเป็นสิ่งท้าทายผู้เรียนที่จะต้องเผชิญในการปฏิบัติจริง ตรงประเด็นและกระตุ้นการเรียนรู้เพื่อหาทางแก้ปัญหา ผู้เรียนต้องตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และรวบรวมข้อมูลจากศาสตร์วิชาต่าง ๆ

5) ปัญหาเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

6) ความรู้ใหม่นั้นได้มาโดยผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างแท้จริง มีการทำงานร่วมกับผู้อื่น อภิปรายเปรียบเทียบ ทบทวนและโต้แย้งสิ่งที่เรียน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1) ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหา เริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้

2) ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นหรือพบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียน หรือมีโอกาสดังเกิดขึ้นจริง

3) ผู้เรียนมีการเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-Directed Learning) สามารถค้นหาและแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องวางแผน การเรียน บริหารเวลา คัดเลือกวิธีการเรียนรู้ และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4) ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยเพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้หรือข้อมูลร่วมกัน เป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูลเรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคล และฝึกการจัดระบบตนเองเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ความรู้หรือคำตอบที่ได้มีความหลากหลาย องค์ความรู้จะผ่านการวิเคราะห์โดยผู้เรียน มีการสังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

นอกจากจะจัดการเรียนเป็นกลุ่มแล้ว ยังสามารถจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แต่อาจทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5) การเรียนรู้มีลักษณะของการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด

6) ความรู้ที่เกิดจากการเรียนรู้จะได้มาหลังจากการผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น

7) การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าของผู้เรียน

สุภามาส เทียนทอง (2553) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

- 1) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- 2) การเรียนรู้เกิดจากการร่วมมือกันของนักเรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ
- 3) ครูคือผู้คอยแนะนำสนับสนุน นักเรียนคือผู้มองเห็นปัญหาและแก้ปัญหาด้วยตนเอง
- 4) ปัญหาเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเป็นปัญหาจริง ซึ่งปัญหาจะช่วยกำหนดกรอบแนวคิดหรือกำหนดจุดเน้นและกระตุ้นการเรียนรู้
- 5) ปัญหาคือสิ่งที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหา

6) ความรู้ใหม่จะเกิดขึ้นโดยการเรียนรู้ด้วยตนเอง
ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

- 1) สถานการณ์ที่เป็นปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้
- 2) ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นและพบเห็นได้ในสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน
- 3) ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบนำตนเอง วางแผนการเรียนรู้ ค้นคว้าหาคำตอบ คัดเลือกแหล่งเรียนรู้และประสบการณ์ และประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง
- 4) มีการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน มีโอกาสเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคล การทำความเข้าใจและปรับตัวให้เข้ากับกลุ่มเพื่อน
- 5) ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็น สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ โอกาสได้ โดยให้

ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการและพัฒนาทักษะในการแก้ไขปัญหาเกิดจากการค้นคว้าด้วยตนเอง หรือได้รับมาจากการปรึกษาผู้อื่น

สรุปได้ว่าลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือปัญหาจริงพบเห็นได้ง่ายเป็น ตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยจะเน้นให้นักเรียนรวมกันเป็นกลุ่มช่วยกันแก้ปัญหา ตามสถานการณ์ที่กำหนด บูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่ได้มาซึ่ง คำตอบ และครูผู้สอนจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกและสนับสนุน

2.5 บทบาทผู้สอนและผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

บทบาทผู้สอน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ผู้สอนคือผู้ที่มีบทบาทสำคัญ โดยตรงต่อการออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรวมไปถึงการประเมินผลการเรียนรู้ที่ นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการศึกษา

- 1) มุ่งมั่นและรู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
- 2) รู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของผู้เรียน
- 3) เข้าใจขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างถ่องแท้
- 4) มีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้และติดตามประเมินผลการ

พัฒนาของผู้เรียน

5) อำนวยความสะดวกในการจัดหาและสนับสนุนสื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้ ให้เหมาะสมแก่เพียงพอ

6) มีจิตใจสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา
7) ปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐาน

8) มีความรู้ ความสามารถด้านการวัดประเมินผลตามสภาพจริง
กมลฉัตร กล่อมอ้อม (2560) ผู้สอนจะมีบทบาทที่แตกต่างไปจากการเรียน การสอนแบบเดิม คือ ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่ให้ความรู้ถ่ายทอดความรู้แก่ผู้เรียนเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนรักในวิชาชีพนั้นให้มีวิธีที่ถูกต้องและเสริมสร้างสติปัญญาใน ระดับสูง นอกจากนี้อาจารย์ยังมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน สร้างบทเรียนที่เป็น สถานการณ์ปัญหาที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในเนื้อหาที่เป็นแนวคิดสำคัญของปัญหานั้น ตลอดจน การประเมินผลการเรียน

กนกวรรณ เชี่ยวน้ำชุม (2563) บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทำการออกแบบโครงสร้างสร้างยุทธวิธี กระบวนการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นความสนใจ มอบความเป็นอิสระในการสำรวจ สืบค้นและควบคุมกระบวนการ ในขณะดำเนินกระบวนการเรียนรู้ จนได้รับคำตอบของปัญหา มีความมุ่งมั่น ตั้งใจสูง แสวงหาความรู้และพัฒนาตนเองอยู่เสมอเพื่อเป็นประโยชน์ในการถ่ายทอดความรู้ รู้และเข้าใจศักยภาพผู้เรียนเป็นรายบุคคลเพื่อความเหมาะสมต่อการให้คำแนะนำ มีจิตวิทยา สร้างแรงจูงใจ แนะนำให้กำลังใจ ชี้แจงปรับทัศนคติ ให้เข้าใจและเห็นคุณค่า ใช้คำถามที่ดีเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิด ไตร่ตรองเพื่อให้ไปศึกษาข้อมูลด้วยตนเองอย่างลึกซึ้งเข้าใจ สนับสนุนให้ทุกคนมีส่วนร่วม เข้าใจขั้นตอนแนวทางและทักษะในการติดตาม การประเมินผล ตามสภาพจริงครบทุกขั้นตอนอำนวยความสะดวกถ่ายทอดทักษะกระบวนการ ให้คำแนะนำเอกสารทางวิชาการ ดำรงอันเป็นประโยชน์ตลอดจนการจัดเตรียมสื่อ ทัศนูปกรณ์ แหล่งเรียนรู้

สรุปได้ว่าบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น โดยครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากเรียนรู้จุดประกายความคิดและกระตุ้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน รวมทั้งจัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เหมาะสมควบคุมกระบวนการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้และคอยอำนวยความสะดวกให้นักเรียนได้ดำเนินงานอย่างราบรื่นตลอดจนเป็นผู้แนะนำแหล่งข้อมูล ประสานแหล่งวิทยาการในการเรียนรู้ และเป็นผู้คอยให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนพบกับปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยตนเอง

บทบาทผู้เรียน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) ผู้เรียนต้องเป็นผู้รู้จักการเรียนรู้ นำตนเองและสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านปัญหาที่เป็นตัวกระตุ้นสำคัญให้เกิดความงอกงามทางปัญญา

- 1) ปรับทัศนคติต่อบทบาทและหน้าที่ในการเรียนรู้ของตนเอง
- 2) ต้องพัฒนาพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้
- 3) มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน และรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- 4) พัฒนาทักษะการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ

กมลฉัตร กล่อมอิม (2560) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาความรู้เพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นลักษณะของผู้เรียนที่เรียนด้วยการใช้ปัญหาเป็นหลัก จะประสบความสำเร็จผู้เรียนจะต้องมีลักษณะ 5 C ดังนี้

- 1) ความรู้ความสามารถ (Competence) ความรู้ความสามารถเดิมที่เหมาะสมกับปัญหาที่เรียน เป็นสิ่งที่อาจารย์ต้องตระหนักเพราะผู้สอนเตรียมปัญหาที่ยุ่ยากซับซ้อน ไม่สัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียนแล้วจะทำให้ผู้เรียนเกิดความลำบากและเสียเวลามากในการกำหนดทิศทางการแสวงหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา

2) ความสามารถในการติดต่อกับผู้อื่น (Communication) ความสามารถในการติดต่อสื่อสารความหมายกับผู้อื่น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย การติดต่อสื่อสารจะช่วยให้การเรียนรู้ในกลุ่มมีประสิทธิภาพ

3) ความตระหนักในความสำเร็จ (Concern) ผู้เรียนควรตระหนักถึงความสำคัญในความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและดำเนินให้บรรลุเป้าหมาย

4) ความกล้าในการตัดสินใจ (Courage) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจในข้อมูลนั้น ดังนั้นผู้เรียนจะต้องมีความกล้าในการตัดสินใจ เช่น การตัดสินใจตั้งสมมติฐานเพื่อนำมาแก้ปัญหา

5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creativity) ลักษณะนี้มีความสำคัญยิ่งที่จะต้องสร้างให้เกิดขึ้นและต้องใช้เวลาในการพัฒนาอย่างไรก็ดีการจัดการเรียนรู้แบบนี้ จะช่วยพัฒนาให้เกิดได้ต่อเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์เพิ่มขึ้นนอกจากบทบาทที่ผู้เรียนต้องเรียนด้วยวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ผู้เรียนจะต้องเรียนเป็นกลุ่มย่อยประมาณ 6-8 คน ดังนั้นบทบาทของผู้เรียนในกลุ่มย่อยจึงเป็นเรื่องสำคัญมากที่จะทำให้การทำงานบรรลุตามวัตถุประสงค์

กนกวรรณ เขียวน้ำชุม (2563) กล่าวว่า บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะต้องมีความสนใจ กระตือรือร้น ใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีระบบ รู้และตระหนักถึงความสำคัญของการทำงานเป็นทีมมีความรับผิดชอบต่องานและหน้าที่เพื่อดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมาย ปรับทัศนคติให้เข้าอกเข้าใจและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีพื้นฐานทักษะที่จำเป็นในกระบวนการคิด สืบค้น การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การสรุป การนำเสนอและการประเมินผล และทักษะในการสื่อสาร ดำเนินการในกระบวนการและปัญหาที่ได้รับสำรวจข้อมูลอย่างมีเหตุผล ควบคุมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ ประยุกต์ใช้ทักษะเพื่อการแก้ปัญหา

สรุปได้ว่าบทบาทผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้เรียนจะต้องกระทำให้บรรลุตามแนวทางการเรียนการสอน โดยนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นผ่านกระบวนการกลุ่ม ทำการสำรวจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทักษะในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) นักวิชาการได้ให้นิยามของ สะเต็มศึกษา (STEM Education)

หลายท่านได้ให้นิยามไว้ สามารถอธิบายได้ว่า สะเต็ม หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ทั้ง 4 ศาสตร์โดยนำข้อดีและเทคนิคของแต่ละสาขาวิชามารวมเข้าด้วยกัน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นแก้ไขเหตุการณ์ปัญหาที่สามารถพบได้และยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในปัจจุบัน หรือความชำนาญที่ต้องมีสำหรับศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมประสบการณ์ทักษะที่จำเป็นในการใช้อยู่ในสังคม ความคิดอย่างแตกต่างหลากหลาย และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนที่ต้องใช้ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การคิดค้นนวัตกรรมในอนาคต (ชลธิป สมมติโต, 2558; พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556; มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายในประเด็นเพิ่มเติม นอกเหนือจากการบูรณาการเนื้อหา 4 วิชานั้น สะเต็มยังหมายถึงการบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) ซึ่งกิตติพิศ ศิริสุต (2560) ได้อธิบายไว้ว่า แต่ละวิชา มี จุดเด่น ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (s) ศึกษาในเรื่องของความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

เทคโนโลยี (T) ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์

วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศึกษาเกี่ยวกับการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ เพื่อสร้างประโยชน์ในทางเศรษฐกิจและอำนวยความสะดวกของมนุษย์บนฐานของการออกแบบ เน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาและสร้างสรรค์ชิ้นงาน

คณิตศาสตร์ (M) ศึกษาเรื่องตัวเลข เน้นการมองหารูปแบบและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นตัวเลข รูปทรงเรขาคณิตหรือชุดของสมการต่าง ๆ โดยใช้ทักษะด้านการคำนวณเป็นพื้นฐาน

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาที่พบ โดยลดบทบาทครูและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่มีการบูรณาการเนื้อหาระหว่าง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยนำข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาทั้ง 4 ศาสตร์ มาคิดขั้นตอนการกำจัดปัญหาหรือหาวิธีการแก้ไขสิ่งต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เพื่อให้ตรงกับความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต และเกิดทักษะความคิดขั้นสูง เช่น การคิดอย่างทวิภาคญาณซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

3.2 ลักษณะการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสะเต็มศึกษามีแนวคิดและลักษณะในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556)

3.2.1 เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary Integration) คือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษา มักชี้แนะให้ อาจารย์ ผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษา จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนา สิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ การพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนักเรียนโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher- Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

3.2.2 เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษา ให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ ผลจากการศึกษา พบว่า ผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็

จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพนักเรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Pre-school) ด้วย

3.2.3 เป็นการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ นักเรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ ตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

Vasquez et al. (2015) กล่าวว่า สิ่งสำคัญที่ควรจำไว้ คือ สะเต็มศึกษาไม่ใช่หลักสูตร แต่เป็นแนวทางในการออกแบบการส่งผ่านความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ผ่านการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม สามารถมองเห็นถึงความสัมพันธ์ในสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยสะเต็มศึกษามีแนวทางและหลักการของการจัดเรียนรู้ ดังนี้

1) การให้ความสำคัญกับการบูรณาการ การบูรณาการรวมวิชาตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไปช่วยทำให้นักเรียนมองเห็นถึงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่มีร่วมกันในแต่ละสาขาวิชา ไม่ว่าจะเป็นการร่วมกันของวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม หรือแม้กระทั่งเป็นการร่วมกันของวิชาสังคมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ของแต่ละสาขาวิชาด้วยตนเองได้ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างนวัตกรรมและผลลัพธ์ที่สร้างสรรค์

2) การแสดงความสัมพันธ์ การนำความรู้ใหม่ไปประยุกต์ใช้ไม่สามารถที่จะแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนตลอดเวลา ดังนั้น สิ่งสำคัญ คือ การที่นักเรียนสามารถสื่อสารวิธีการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เมื่อลองพิจารณาคำถามของนักเรียนที่ถามว่า ทำไมเราต้องให้ความสนใจกับวิชาต่างๆ และวิชาต่างๆ มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตจริงหรือไม่ การทำงานในชีวิตจริงหรือโอกาสในการทำงานในอนาคตต้องใช้วิชาเหล่านี้ไหม ถ้ามีความรู้หรือมีการพัฒนาทักษะในวิชาต่าง ๆ จะทำให้ได้ทำงานที่ตื่นใหม่ จึงเป็นสาเหตุทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มควรจะมีการแสดงให้นักเรียนมองเห็นถึงความสัมพันธ์ว่าในแต่ละวิชาสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

3) การให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ความต้องการที่สำคัญสำหรับคนทำงานในอนาคตไม่ใช่แค่ความรู้ที่มีอยู่แต่เป็นการที่พวกเขาจะสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ และสามารถนำข้อมูลนั้นในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และสื่อสารแนวคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานเป็นกลุ่ม โดยมีการร่วมมือกัน ควบคู่ไปกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งหมดนี้รวมเป็นทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับคนทำงานในอนาคต

4) การให้ความท้าทายนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการให้ความท้าทายที่เหมาะสมกับระดับของนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจที่เพิ่มมากขึ้นและไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้หรืองานที่มอบหมาย

ให้กับนักเรียน ซึ่งจะต้องไม่ยากจนเกินไปจนทำให้นักเรียนรู้สึกไม่ยากที่จะทำ หรือง่ายจนเกินไปจนทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย การให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 จะช่วยให้นักเรียนทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะไม่ใช่เพียงแค่นักเรียนที่มีความสามารถหรือเชี่ยวชาญในเนื้อหานั้นเท่านั้น

5) การผสมผสานหลักการทั้ง 4 เข้าด้วยกันความต้องการผลลัพธ์ที่หลากหลายทางการศึกษาในบทเรียนสะเต็มศึกษา นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้แสดงออกโดยการอธิบายความรู้ของตนเอง แบ่งปันความรู้ของตนเอง และเพิ่มพูนทักษะของตนเอง ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำวิธีการสอนแบบปัญหาเป็นฐาน และวิธีการสอนแบบโครงงานเป็นฐานมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

หลักการทั้ง 5 หลักการนี้ ไม่มีหลักการใดหลักการหนึ่งที่จะเป็นส่วนที่ใช้ได้ดีที่สุดในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา อย่างไรก็ตามหลักการทั้ง 5 หลักการเป็นแนวคิดที่พบว่าสามารถใช้ได้

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงงาน (project based) ที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของนักเรียน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาดังกล่าวนี จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทักษะดังกล่าวนี้ เป็นทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่นักเรียนพึงมี นอกจากนี้ นักเรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทาง ได้แก่

1) จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะนำเข้าไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมที่จะสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้น ๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2) จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงงาน เป็นต้น รูปแบบการสอนโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก และมีข้อดีที่ทางผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่

นักเรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา หรือออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียนได้

3) จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้มักเป็นกิจกรรมสะสมเต็มศึกษาที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่องในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะสมเต็มศึกษานั้นในเรื่องของระดับการบูรณาการที่ผู้สอน สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพนักเรียนนั้นก็มีอยู่หลายระดับด้วยกันทั้งนี้ ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียน สะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1) Disciplinary (การบูรณาการภายในวิชา) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะสมแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2) Multidisciplinary integration (การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และ วิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3) Interdisciplinary integration (การบูรณาการแบบสหวิทยาการ) คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4) Transdisciplinary integration (การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา) คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ Theme ของปัญหากว้าง ๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่

เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัย กับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและ 3) ความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ Problem/ Project based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาแบบนี้

Roberts (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียวกัน การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory learning Strategies) ฉะนั้น Robert จึงมองว่า สะเต็มศึกษา อาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สุทธิดา จำรัส (2560) ได้สรุปแนวคิดและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1) มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของนักเรียน (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก

2) การออกแบบกิจกรรม อ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” (learning progression) (ลือชา ลดาชาติ, 2555; 2559; Duschi & Bimack, 2016) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการ รวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยนักเรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive demand)

3) การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับนักเรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับนักเรียน และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้น ซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงานในภาพรวมของประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2558)

4) นักเรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21Century learning, 2011) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน

5) กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงาน/โครงการตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) ที่เน้นกระบวนการออกแบบ หรือแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา

6) เน้นการวัดผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนานักเรียน (Formative assessment) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็มคือ โครงการหรือชิ้นงาน (Project/artifact) หรือการแก้ปัญหาจากคำอธิบายลักษณะสำคัญ 6 ประการข้างต้น สรุปเป็นแผนภาพเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาและจุดเน้นในการพัฒนา ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงลักษณะสำคัญ (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สรุปได้ว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นไม่ได้แยกส่วนการจัดการเรียนรู้เป็นสาขาวิชาเฉพาะ แต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาทั้ง 4 ได้แก่ วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์เป็นวิชาที่เน้นการคิดสร้างสรรค์ชิ้นงาน และคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เน้นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยผ่านการสร้างองค์ความรู้และการแก้ปัญหาในบริบทของสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน ผ่านกิจกรรมกลุ่มที่เน้นให้ผู้เรียนการออกแบบและ

การแก้ปัญหา ทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้นั้นก็มีอยู่ถึง 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน

3.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายสาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีนักวิชาการ และนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

Robert (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล,2556) ได้อธิบายขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นฐานมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกสาระการเรียนรู้หลัก (Select Central Standards) เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน/ตัวบ่งชี้/ สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลาง หรือเนื้อหาหลักและตัวบ่งชี้ที่บอกลถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลักเสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำสาขาวิชาที่เหลือทั้งสามเป็นสาระการเรียนรู้รอง เช่น เลือกสาขาวิทยาศาสตร์เป็นหลัก ดังนั้น สาระการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์การออกแบบเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยีจะเป็นสาขาวิชารอง

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการเชื่อมโยงระหว่างสาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง เช่น มลพิษสิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติทางธรรมชาติ พลังงานทดแทน เป็นต้น

ขั้นที่ 3 เลือกสาระการเรียนรู้รอง ที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (Support Central Standards with Supplement Standards) เมื่อเลือกเนื้อหาหลักในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยงกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้วในขั้นที่ 3 นี้ผู้สอนจะต้องเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ ในสาขาวิชาที่เหลือว่าจะมีสาระการเรียนรู้รองเรื่องใด ที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียน บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 4 จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด (Instruct STEM Standards) ผู้สอนวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมดแล้วนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้หลักที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นสำคัญ สำหรับสาระการเรียนรู้รองให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหา สามารถนำเนื้อหาเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดการ

เรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน/บทเรียน อาจไม่จำเป็นต้องครบทั้ง 4 สาขาวิชา แต่ให้พิจารณาภาพรวมว่า เมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้งหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ครบทั้ง 4 สาขาวิชา

ขั้นที่ 5 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม (Engage Student Participation) ผู้สอนจัดกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์การคิดแก้ปัญหาและได้ลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์หลัก (ตามที่ได้เลือกไว้ในขั้นที่ 1) ผนวกกับการได้ใช้ความรู้รอบ (ที่เลือกไว้ในขั้นที่ 3) เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (ที่เชื่อมโยงไว้ในขั้นที่ 2) ในการลงมือปฏิบัติ ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม มีการกำหนดเวลาการทำงาน อีกทั้งต้องมีการตรวจสอบความคิดของผู้เรียน เช่น อาจตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้ผู้เรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน

ขั้นที่ 6 แก้ไข/ปรับปรุงชิ้นการออกแบบ (Troubleshoot Designs) ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของผู้สอน และผู้เรียนไว้เพื่อการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณ์ญาณควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 7 ประเมินชิ้นงานการออกแบบ (Evaluate the Designs) หลังการปรับปรุงแก้ไขผลงานในขั้นตอนที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนดำเนินการตรวจให้คะแนนชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 8 นำเสนอชิ้นงานที่สมบูรณ์ (Present Completed Projects) ในขั้นนี้ผู้สอนจัดเตรียมสถานที่หรือตู้แสดงผลงานให้นักเรียนนำเสนอผลงานแสดงต่อบุคคลทั่วไป อาทิ เพื่อน พ่อแม่ ผู้ปกครอง ผู้สอน อาจารย์ และชุมชน การจัดแสดงอาจทำตอนท้ายปีการศึกษา หรือภาคเรียน โดยอาจวางแสดงได้ตลอดภาคเรียนถัดไป ทั้งนี้เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความภาคภูมิใจ และพยายามที่จะปรับปรุงผลงานในครั้งถัดไป

Morgan, Capraro and Capraro (2013) ได้อธิบายขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบ สะเต็มศึกษา ซึ่งมี 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหาและข้อจำกัดของปัญหา (Identify Problem and Constrains) เป็นขั้นที่นักเรียนระบุปัญหาการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอให้โดยการแก้ปัญหาดังกล่าวอาจเป็นวิธีการ หรือสิ่งประดิษฐ์โดยนักเรียนจะต้องระบุขอบเขต ข้อจำกัดของปัญหารวมถึงการกำหนดเป้าหมายหรือผลสำเร็จของปัญหานั้น

ขั้นที่ 2 การศึกษาค้นคว้า (Research) เป็นขั้นตอนในการค้นคว้าข้อมูลที่เป็นเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบการแก้ปัญหา โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาบูรณาการในการเก็บรวบรวมข้อมูลจัดทำข้อมูลรวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือแอปพลิเคชันต่างๆ เพื่อนำมาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา และมีความสอดคล้องกับข้อจำกัดและการและการบรรลุผลสำเร็จที่ได้กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 การคิดออกแบบ (Ideate) เป็นขั้นตอนในการระดมความคิด ซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมกันเสนอแนวคิด แนวทางในการแก้ปัญหา มาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีความเป็นไปได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งการระดมความคิดทำให้มองเห็นมุมมองการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ความคิด (Analyze) เป็นขั้นตอนการพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหารวมถึงการออกแบบชิ้นงานอย่างเหมาะสม ผู้เรียนจะต้องพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหารวมทั้งกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาทางอื่นๆ หากแนวทางการแก้ปัญหาที่ใช้นั้นไม่สามารถแก้ปัญหาได้นอกจากนี้ผู้เรียนจะต้องกำหนดวิธีการประเมิน และเกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาของตนเองและกลุ่มได้อย่างเหมาะสมและเป็นระบบ

ขั้นที่ 5 การสร้างชิ้นงาน (Build) เป็นขั้นที่ทำการสร้างชิ้นงานหรือการลงมือแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างตัวต้นแบบสำหรับการนำไปทดสอบ และปรับปรุงต่อไป

ขั้นที่ 6 การทดสอบและปรับปรุง (Test and Refine) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทำการทดสอบว่าสามารถทำงานหรือใช้งานได้ตามเป้าหมายที่ออกแบบไว้หรือไม่ทั้งนี้รวมถึงการประเมินชิ้นงานที่ได้ทำการออกแบบอีกด้วยผู้เรียนจะต้องมีการบันทึกผลการทดสอบและการประเมินต่างๆ ว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่ เพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 7 การนำเสนอและการสะท้อนผล (Communicate and Reflect) ผู้เรียนทำการรายงานผลและนำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบ การแก้ปัญหาเป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ และทักษะด้านเทคโนโลยี สารสนเทศ ในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์ สำหรับเผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการ หรือเผยแพร่สู่โลกออนไลน์ นอกจากนั้นนักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานของกลุ่มนักเรียนเอง

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ศึกษาและออกแบบกระบวนการสะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สสวท., 2557) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทายวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

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

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

สถาบันวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ (National Center for Engineering and Technology, NCETE) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการของ Hynes, et al, (2011, as cited in Householder and Hailey, 2012) ไว้ 9 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Identify Need or Problem) ในการกำหนดหรือเลือกปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้น ผู้สอนควรเลือกรับหรือสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องต่อเนื้อหาวิชาและไม่ใช้การบังคับหรือตัดสินใจแทนผู้เรียนในการระบุหรือกำหนดปัญหาเพราะจะทำให้ผู้เรียนไม่เกิดความท้าทายอีกทั้งยังไม่สามารถดึงดูดให้ผู้เรียนสนใจหรือจดจ่ออยู่กับปัญหาได้ตลอดทั้งกระบวนการในความเป็นจริงควรให้ผู้เรียนเป็นผู้ระบุปัญหาด้วยตนเองโดยมีความสอดคล้องกับชีวิตจริง บุคคลรอบข้าง ชุมชน หรือโรงเรียน การนิยามปัญหาเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุด และเป็นขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและการนิยามปัญหานี้จะนำไปสู่การแก้ปัญหาในที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้สอนควรให้ความสำคัญ และควรให้ผู้เรียนได้

ทำการวิเคราะห์ปัญหา ข้อจำกัด และผลกระทบตลอดจนตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการแก้ปัญหา เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ศึกษาปัญหา (Research Need or Problem) การวางแผน หรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นั้น ผู้เรียนจะต้องทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา จะต้องทราบว่าปัจจัยอะไรที่จะต้องนำมาศึกษาพิจารณาถึงความต้องการและข้อจำกัดของการแก้ปัญหา ตลอดจนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เป็นต้น การที่ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้ามาเป็นอย่างดีนั้นจะเป็นสิ่งที่บ่งบอกได้ว่าผู้เรียนมีกระบวนการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ มีมุมมองต่อปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งจะนำไปสู่วิธีการวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพตามมา ดังนั้น ผู้สอนควรที่จะชี้แจงและทำให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนที่จะนำผู้เรียนเข้าสู่กระบวนการออกแบบ

ขั้นที่ 3 พัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (Develop Possible Solution) วิธีการพัฒนารูปแบบการแก้ปัญหาที่ดีนั้นควรให้ผู้เรียนได้ทำการระดมสมอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนระบุปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลาย หมายความว่า ในการแก้ปัญหา 1 ปัญหา สามารถมีวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี และในที่สุดจะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามผู้สอนควรเน้นย้ำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่าง หรือวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากของตนเอง

ขั้นที่ 4 เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Select the Best Solution) ในการเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดนั้น Dym and Little (2009 as cites in Householder and Hailey, 2012) ได้แนะนำว่า ควรใช้เมตริกซ์ในการตัดสินใจ (Decision matrix) มาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำการประเมินการออกแบบเพื่อการแก้ปัญหา ในวิธีการหรือสถานการณ์ต่างๆ เทียบกับเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่กำหนด การใช้เมตริกซ์ตัดสินใจจะทำให้ผู้เรียนมองปัญหาได้ชัดเจนขึ้น และยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถพิจารณาและเลือกวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อเงื่อนไขหรือเกณฑ์มากที่สุด อย่างไรก็ตาม การเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดควรระวังในเรื่องวิธีที่แก้ปัญหาที่ดีที่สุดนั้นอาจไม่ได้มาจากความเห็นชอบของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม หากกลุ่มหรือสมาชิกกลุ่มบางส่วนมีเป้าหมายจำกัดข้อมูล หรือความคิดบางอย่างของสมาชิกบางคนออกไปเท่ากับเป็นการปิดกั้นความคิดและจำกัดสิทธิ์ของสมาชิกบางคนในกลุ่ม ซึ่งจะทำให้การออกแบบวิธีแก้ปัญหาจากสมาชิกเพียงไม่กี่คนในกลุ่มเท่านั้น ดังนั้น การที่จะทำให้เกิดการตัดสินใจเลือกรูปแบบการออกแบบหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดควรให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความเท่าเทียมกัน ทุกคนมีสิทธิ์ที่จะเสนอความคิดและมีรูปแบบการออกแบบวิธีแก้ปัญหามาจากตนเองจากนั้นจึงนำสิ่งที่สมาชิกทุกคนได้นำเสนอมาพิจารณาร่วมกันให้ได้รูปแบบการออกแบบ หรือวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดออกมา

ขั้นที่ 5 สร้างต้นแบบชิ้นงาน (Construct a Prototype) กระบวนการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ จะต้องทำการสร้างต้นแบบชิ้นงาน ที่มีลักษณะเป็นกายภาพ (Physical prototype) เพราะสามารถทดสอบและประเมินค่าได้ และผู้เรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดสอบและประเมินนี้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบและทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้น ดังนั้น จึงเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนได้วางแผนและออกแบบมานั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้จริง

ขั้นที่ 6 ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน (Test and Evaluate the solution) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทดสอบ ประเมิน ตัดสินคุณค่าของชิ้นงานนั้นๆ เทียบกับเกณฑ์หรือเงื่อนไขที่มี ทั้งนี้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของผู้เรียนจะต้องอยู่ในขอบเขตของปัญหา และให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเกณฑ์การทดสอบและประเมินด้วยตนเอง สามารถสะท้อนผลการทำงานของผู้เรียนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาได้

ขั้นที่ 7 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Communicate the Solution) หลังจาก que ผู้เรียนทำการออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบการทดสอบชิ้นงาน และได้ชิ้นงานที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่ตรงตามต้องการและบรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้ ผู้เรียนควรจัดทำ การนำเสนอผลการปฏิบัติงานทั้งหมดต่อกลุ่มเป้าหมายหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องจัดทำเอกสารหรือรายงานผลการปฏิบัติงานและมีกรนำเสนออย่างผู้เชี่ยวชาญ สิ่งสำคัญในการนำเสนอคือผู้เรียนควรใช้รูปแบบภาพ การออกแบบ กราฟ ตาราง มีการใช้สถิติ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ เช่น ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน การทำนายความเป็นไปได้ต่างๆ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ฟังได้มองเห็นภาพที่ชัดเจนและเข้าใจได้ง่ายขึ้น

ขั้นที่ 8 ปรับปรุงแก้ไข (Redesign) กระบวนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาจำเป็นต้องมีการทวนซ้ำ ซึ่งจะทำให้คุณภาพและคุณสมบัติของชิ้นงานมีการปรับปรุงและพัฒนา มากขึ้นกว่าเดิมโดยการทวนซ้ำ ซึ่งควรตั้งอยู่บนเหตุผลและหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้การปรับปรุงแก้ไขเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หลักการสำคัญของการปรับปรุงแก้ไข นั่นคือ การกำหนด หรือจำลองสภาวะเงื่อนไขในหน่วยใหญ่ที่มีขนาดและอัตราส่วนตามความเป็นจริง เพราะว่าในสภาวะจริงนั้น มีปัจจัยที่เหนือความคาดหมายและความไม่แน่นอนอยู่มากมาย ดังนั้น ผู้เรียนจะต้องคิดและออกแบบ โดยมีความหลากหลายหรือวิธีที่เป็นไปได้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ผู้สอนสามารถใช้โอกาสนี้ในการอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนเพื่อเป็นการขยายความรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้นและสามารถปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้น การสะท้อนผลงานสามารถเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและในเวลาเดียวกันกับขณะที่ผู้สอนทำการสอน หรือที่เรียกว่า การสะท้อนผลจากการดำเนินการ หรือ Reflection in action หรือสามารถเกิดขึ้นได้อย่างไม่เป็นทางการก็ได้ กล่าวคือผู้สอนสามารถทำการ

สะท้อนผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนนอกชั่วโมงเรียนก็ได้ ทั้งนี้การสะท้อนผลที่ดีนั้นควรเป็นการเปิดโอกาสในการเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนด้วย

ขั้นที่ 9 เสริมสร้างการแก้ปัญหา (Finalize the Design) หลังจากที่ได้ผู้เรียนได้วางแผนออกแบบสร้างชิ้นงาน ปรับปรุงแก้ไข มีการทำรายงานผลการปฏิบัติงาน การนำเสนอต่อสาธารณะการสะท้อนผลต่าง ๆ เสริมสร้าง จนได้เป็นการออกแบบ หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดออกมาแล้วผู้เรียนควรมีการนำผลจากการออกแบบ หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ได้มากับสถานการณ์และสถานที่จริง หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้นำความรู้ตลอดจนกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อสังคม

สรุปได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย ขั้นตอนต่าง ๆ ที่แบ่งกระบวนการทำงาน ความคิด ของผู้เรียนโดยผ่านขั้นตอนการเรียนรู้ ดังนี้ ขั้นระบุปัญหาเป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหา ขั้นศึกษาขั้นคว่ำเป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องศึกษารวบรวมข้อมูล ขั้นออกแบบแก้ปัญหาโดยผู้เรียนจะต้องประยุกต์ข้อมูลที่รวบรวมมาใช้ออกแบบชิ้นงาน ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาผู้เรียนจะต้องลงมือสร้างชิ้นงาน ขั้นทดสอบและปรับปรุงโดยผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานมาทดสอบว่าใช้งานได้หรือไม่ ทดสอบ และปรับปรุง และขั้นนำเสนอชิ้นงานโดยนำเสนอชิ้นงานจากนั้นประเมินชิ้นงานพร้อมทั้งอภิปรายร่วมเพื่อสะท้อนผล

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้รับความนิยมมากในการเรียนรู้ในปัจจุบัน แต่นักการศึกษาหรือนักวิชาการที่กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ชัดเจนยังมีจำนวนไม่มาก ดังนี้

Arends (2001, อ้างอิงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2550) ได้สรุปกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

- 1) แนะนำปัญหา เพื่อแจ้งจุดมุ่งหมายของการเรียน สร้างทัศนคติที่ดีต่อการเรียน บอกสิ่งที่นักเรียนต้องทำ และแนะนำขั้นตอนในการดำเนินการศึกษา
- 2) กำหนดงานที่ต้องดำเนินการ เพื่อช่วยนักเรียนกำหนดงานที่ต้องทำ
- 3) รวบรวมข้อมูล เพื่อช่วยให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลหรือดำเนินการทดลองเพื่อค้นหาข้อมูล
- 4) เตรียมนำเสนอผลงาน เพื่อช่วยนักเรียนวางแผนและเตรียมนำเสนอผลงาน
- 5) วิเคราะห์และประเมินผลการทำงาน เพื่อช่วยนักเรียนวิเคราะห์และประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

Lou, et al. (2011) เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียนและใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนและให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุดองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแผนในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางแผนการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนฉุกเฉิน เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

Wright (2012) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา/โอกาส (Identifying the problem/opportunity) เป็นขั้นที่นักเรียนจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับถ้อยคำต่าง ๆ ในปัญหา แล้วแยกปัญหาให้ออกกว่าอะไรเป็นสิ่งที่ต้องหาคำตอบ แล้วมีอะไรเป็นข้อมูลที่กำหนด และมีเงื่อนไขใดบ้าง หลังจากนั้นจึงพิจารณาว่าข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดให้นั้นเพียงพอที่จะหาคำตอบของปัญหาได้หรือไม่

ขั้นที่ 2 การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา (Devising a plan for solving the problem) ขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนจากข้อมูลที่ได้ในขั้นที่ 1 เพื่อวางแผนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นมีความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ หรือต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหที่ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 การดำเนินการและการประเมินแผน (Implementing and evaluating the plan) เมื่อนักเรียนได้วางแผนแล้วก็ดำเนินการแก้ปัญหา ระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหาก็อาจทำ

ให้เห็นแนวทางที่ดีกว่าวิธีที่คิดไว้ ก็สามารถนำมาปรับเปลี่ยนได้ และประเมินแผนการที่ได้วางแผนไว้ว่าสามารถแก้ปัญหาได้ผลเพียงใด

ขั้นที่ 4 นำเสนอแผน/แนวทางแก้ไข (Communicate the plan/solution) ในขั้นนี้นักเรียนนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่ได้ลงมือทำในขั้นที่ 3

Mallam (2017) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา โดยครูจะกำหนดปัญหา สถานการณ์ และให้นักเรียนระบุปัญหาและความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว

ขั้นที่ 2 สร้างสมมติฐานและกลไกที่เป็นไปได้ นักเรียนระดมความคิดกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อสร้างสมมติฐานเกี่ยวสาเหตุความเป็นไปได้และคิดกลไกที่เป็นไปได้มาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ครูเปิดโอกาสให้กับนักเรียนได้ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา พร้อมระบุประเด็นการเรียนรู้ของกลุ่มตนเองได้

ขั้นที่ 4 ประเมินซ้ำและประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ ครูและนักเรียนพบกันอีกครั้งเพื่อทำการประเมินว่าความรู้ที่นักเรียนค้นคว้าด้วยตนเองนั้น เพียงพอที่จะแก้ปัญหาหรือไม่ สมมติฐานถูกต้องหรือสมบูรณ์หรือไม่ มีปัญหาเพิ่มเติมที่นักเรียนไม่ทราบอีกหรือไม่

ขั้นที่ 5 การทดสอบและไตร่ตรองการเรียนรู้ นักเรียนทดสอบสมมติฐานของตนเอง ประเมินผลงานกลุ่ม จากนั้นวงจรจะถูกทำซ้ำเมื่อนักเรียนสร้างสมมติฐานใหม่เกี่ยวกับปัญหาด้วยความรู้และทักษะที่ได้รับใหม่ จนในที่สุดพวกเขาก็บรรลุวิธีการแก้ปัญหาหรือบางครั้งก็เป็นไปได้หลายวิธี

ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

วรรณิสา ร้อยแก้ว (2562) ได้ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แล้วสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนเกิดความสนใจ มองเห็นปัญหา และอยากที่จะหาวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหา และนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องอธิบายองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องกำหนดสิ่งที่ต้องศึกษาค้นคว้า และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ประเด็นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความเพียงพอของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองชิ้นงาน หากไม่พอให้นักเรียนหาข้อมูลเพิ่มเติม

ขั้นที่ 5 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวางแผนในการสร้างแบบจำลอง/ ชิ้นงาน รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 6 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนเริ่มสร้างแบบจำลองชิ้นงานของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนต้องอธิบายถึงองค์ประกอบของแบบจำลองชิ้นงานได้

ขั้นที่ 7 ขั้นทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่นักเรียนทำการทดสอบ ประเมินแบบจำลอง/ชิ้นงานที่สร้างขึ้น และหากพบรู้แบบจำลอง/ชิ้นงานยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองชิ้นงาน

ขั้นที่ 8 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดวิธีการแก้ปัญหา กระบวนการสร้างแบบจำลองชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่อบุคคลอื่น

สรวิทย์ นาคเกษม (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา เป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยบูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุด ให้เกิดประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาสามารถกำหนดสิ่งที่ปัญหา ทำความเข้าใจกับปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้ อยากรู้ได้ เกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบและวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 สังเคราะห์ความรู้และออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนร่วมกันอภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใดในการประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการของกลุ่มตนเอง โดยผลที่ได้ก็นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุดและทุกกลุ่มช่วย กันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้เรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ นำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลายผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ร่วมกันประเมินผลงานเพื่อได้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของ Lou, et al. (2011) ที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และทำการระบุปัญหาร่วมกัน โดยต้องบอกว่าปัญหาคืออะไร มีข้อจำกัดและเงื่อนไขในการแก้ปัญหายังไงบ้าง

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันระบุความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญห โดยประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และสรุปองค์ความรู้ผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 3 การวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหา โดยต้อง ระบุถึงกรอบการทำงาน และปัญหาที่คาดว่าจะพบและข้อจำกัดของการทำงาน

ขั้นที่ 4 การวางแผนฉุกเฉิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องร่วมกันออกแบบและวางแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นแผนการสำรองและจะถูกนำมาใช้เมื่อแผนการหลักประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการต่อได้

ขั้นที่ 5 การปรับปรุงแผน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องดำเนินการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ และนักเรียนต้องนำเสนอแผนการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาในชั้นเรียน

ขั้นที่ 6 การประเมิน เป็นขั้นที่นักเรียนต้องทำการประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุง รวมถึงร่วมกันสะท้อนผลการทำกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

เนื่องจากมีความเหมาะสมกับบริบทห้องเรียนที่ทำการวิจัยและสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ เพราะเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชาประกอบด้วย การบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี มาใช้ผ่านกระบวนการคิด ซึ่งครูจะเป็นผู้จัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ถูกจำลองขึ้นมา เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นกระบวนการคิด ให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และแสวงหาความรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาค้นคว้า และร่วมกันอภิปราย เพื่อให้เกิดความเข้าใจปัญหา และนำองค์ความรู้มาใช้แก้ปัญหาาร่วมกัน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

5.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

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

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

สุนันทา สายวงศ์ (2544) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์ของตนเองในการพิจารณาหลักฐานและข้อมูลต่างๆ เพื่อไปสู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล

นวลลออ ทินานนท์ (2545) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เกี่ยวกับข้อมูลที่คลุมเครือ สภาพที่ปรากฏ โดยหาหลักฐานนำไปสู่การตัดสินใจว่าควรเชื่อหรือทำตามสิ่งใดหรือไม่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องอาศัยทักษะ

และกระบวนการคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจความหมายและตีความนำไปสู่การเชื่อมโยงเหตุผลต่าง ๆ จนได้ข้อสรุป

พรศรี ดาวรุ่งสวรรค์ (2548) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างละเอียดรอบคอบ ไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล เพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุดและเป็นไปได้มากที่สุด โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนทดลองและขั้นสรุปผลการทดลอง

สาวิตรี เครือใหญ่ (2548) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล โดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์และความสมบูรณ์ของข้อมูล หรือวิเคราะห์จากร่องรอยหลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้อย่างมีหลักเกณฑ์และมีประสิทธิภาพ แล้วจึงลงความเห็นหรือประเมินลงข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลหรือตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ

สรุปได้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรอง จากการใช้สติปัญญา รวมไปถึงการรวบรวมข้อมูล การระบุปัญหาและนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดระเบียบก่อนจะวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลมากที่สุดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของนักการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีดังนี้

Dressel and Mayhew (1957) ได้เสนอว่าองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมี ดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการกำหนดปัญหา หรือการกำหนดข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ให้ชัดเจน รวมไปถึงนำมาระบุองค์ประกอบ จัดองค์ประกอบให้เป็นลำดับขั้น

2) ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหาเป็นการตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและเลือกข้อมูลที่ต้องชัดเจนยิ่งขึ้น

3) ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล เป็นการจำแนกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือไม่ได้ ระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับ จัดระบบข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ และการเลือกข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้

4) ความสามารถในการเลือกสมมติฐาน เป็นการเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดพิจารณาเป็นอันดับแรก โดยกำหนดจากความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูล

5) ความสามารถในการสรุปและตัดสินใจ เป็นการพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการข้อมูลนำไปสู่การตัดสินใจสรุป

Watson and Glaser (1964) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1) เจตคติ หมายถึง ความสนใจในการแสวงหาความรู้ ความสามารถในการพิจารณาปัญหาตลอดจนมีนิสัยในการค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริง

2) ความรู้ หมายถึง ความสามารถในการอนุมาน การสรุปใจความสำคัญ และการสรุปเป็นกรณีทั่วไป โดยพิจารณาจากหลักฐานและการใช้หลักตรรกวิทยา

3. ทักษะ หมายถึง ความสามารถที่จะนำทั้งเจตคติและความรู้ไปประยุกต์ใช้พิจารณาตัดสินปัญหา สถานการณ์ ข้อความหรือข้อสรุปต่าง ๆ

Decaroli (1973) มีความเห็นว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีขั้นตอน ดังนี้

1) การนิยาม เป็นการกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำและข้อความและการกำหนดเกณฑ์

2) การแสวงหาหลักฐาน การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หาทางเลือก และการพยากรณ์

3) การประมวลผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องหาหลักฐาน และจัดระบบข้อมูล

4) การตีความข้อเท็จจริงและการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน

5) การใช้เหตุผล โดยระบุเหตุและผล ความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์

6) การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์ การกำหนดความสมเหตุและสมผล

Watson (1964) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1) การสรุปอ้างอิง หมายถึง การแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในข้อความหรือสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งความคิดเห็นนั้นอาจจะเป็นความจริงหรือบอกได้ว่าไม่เป็นความจริง ในกรณีที่ข้อมูลยังไม่เพียงพอ หรือการลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้

2) การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การพิจารณาและตัดสินข้อมูลที่สมมติขึ้นหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าในแต่ละข้อว่าเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

3) การนิรนัย หมายถึง การคิด พิจารณา ข้อความเกี่ยวกับเหตุและผลของข้อความหลักที่มีอยู่ก่อน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุปเป็นผลของข้อความนั้น

4) การตีความ หมายถึง การคิดพิจารณา ข้อความย่อยว่าเป็นความจริงตามข้อความที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือเหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ

5) การประเมินข้อโต้แย้ง หมายถึง การตีคุณค่า การประเมินคำตอบ การประเมินข้อสรุปของข้อความและการตัดสินใจถูกต้องของข้อความที่กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด

Robert H. Ennis (1985) ได้เสนอว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีขั้นตอน ดังนี้

1) ทักษะการนิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุประบุเหตุผลทั้งที่ปรากฏ และไม่ปรากฏ การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้น

2) ทักษะการตัดสินใจข้อมูล ได้แก่ การตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินใจเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา การพิจารณาความสอดคล้อง

3.) ทักษะการอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่ การอ้างและตัดสินใจในการสรุปแบบอุปนัย การนิรนัยโดยมีความตรง การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาน่าเชื่อถือ

นิพนธ์ วงศ์เกษม (2534) ได้กล่าวว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) การรู้จักแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น
- 2) การรู้จักพิจารณาประเด็น
- 3) การรู้จักพิจารณาข้ออ้างหรือข้อโต้แย้งที่คลุมเครือ
- 4) การรู้จักข้อมูลที่แสดงถึงอคติ ความลำเอียง การโฆษณาชวนเชื่อ
- 5) การรู้จักแยกสิ่งที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลหรือความคิดเห็น
- 6) การรู้จักพิจารณาความน่าเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
- 7) การรู้จักพิจารณาเหตุผลที่ผิด ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น
- 8) การรู้จักสรุปข้อความจากข้อมูลที่มีอยู่

จากการศึกษาองค์ประกอบของจากกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญหลายท่านที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้พบว่าองค์ประกอบที่เข้ากับบริบทปัญหาของห้องเรียนมากที่สุดคือ องค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Watson เนื่องจากมีองค์ประกอบ

ของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ชัดเจนสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์กัน โดยมีองค์ประกอบของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

- 1 การสรุปอ้างอิง ช่วยให้นักเรียนพิจารณาตัดสินข้อมูลแนวทางในการออกแบบและการวางแผนได้
- 2 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น ช่วยให้นักเรียนนักเรียนพิจารณาตัดสินข้อมูลแนวทางในการออกแบบและการวางแผนได้ และมีการพิจารณาวางแผนการออกแบบสำรองในกรณีแผนในขั้นการวางแผนเมื่อนักเรียนประสบกับปัญหาไม่สามารถดำเนินการได้
- 3 การนิรนัย ช่วยให้นักเรียนดำเนินตามแผนการที่วางแผนไว้
- 4 การตีความ ช่วยให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุงเมื่อประสบปัญหาระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้
- 5 การประเมินข้อโต้แย้ง ช่วยให้ผู้สะท้อนผลกิจกรรม และประเมินข้อสรุปจากสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาทั้งหมด

5.3 วิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สิ้นธพานนท์ (2555) การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้แก่แก่นักเรียนนั้น ครูผู้สอนมีส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น

- 1) อื่น ๆ ฝึกให้นักเรียนได้รู้ปัญหา วิธีแก้ปัญหาบนพื้นฐานของข้อมูลต่าง ๆ โดยนำมาวิเคราะห์พิจารณาความน่าเชื่อถือก่อนตัดสินใจ ประเด็นสำคัญ คือ การสร้างให้นักเรียนรู้จักคิดก่อนทำ และสามารถอธิบายการกระทำของตนเองว่ามีเหตุผลอย่างไร การฝึกให้นักเรียนมีเหตุผลจะใช้คำถามว่า “ทำไม” ให้นักเรียนตอบโดยมีพื้นฐานรองรับอยู่เสมอ
- 2) ส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาทักษะการคิด มีความเชื่อมั่นในตนเองและมีความรู้สึกรับผิดชอบ ซึ่งผู้สอนอาจจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสตัดสินใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เป็นการฝึกฝนและพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณ อันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง
- 3) จัดสื่อการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสื่อมีหลายรูปแบบ สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ บทความประเภทต่าง ๆ หนังสือพิมพ์ นิตยสาร ฯลฯ เมื่อนักเรียนอ่านแล้วครูอาจใช้คำถามฝึกการคิด เช่น เรื่องนี้คล้ายคลึงหรือแตกต่างกันอย่างไรความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการอ่านจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้วิธีหนึ่ง

ครูอาจจัดทำแบบฝึกทักษะการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน ซึ่งอาจมีรูปแบบหลากหลาย เช่น สถานการณ์จำลองและครูใช้คำถามเพื่อฝึกการคิดหลังจากที่นักเรียนอ่านสถานการณ์นั้นแล้ว หรือฝึกการคิดจากภาพ เป็นต้น

4) ฝึกให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันตามหัวข้อต่าง ๆ ที่น่าสนใจ หรือเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จากข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ จากความคิดเห็นของบุคคลต่าง ๆ ในข่าวประจำวัน จากการดูสื่อการเมือง จะทำให้นักเรียนมีทักษะในการอภิปรายเชิงวิเคราะห์ วิวิจารณ์ ฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการลงข้อสรุปและรู้จักประเมินความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนรู้จักการอ้างเหตุผล และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นกลาง

5) ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางแผนเป้าหมาย ตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ หรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม รอบคอบ และควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผนการทำงานหรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการยอมเป็นการดำเนินงานและมีการตรวจสอบ ตลอดจนเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้ว มีการประเมินผลการทำงานนั้น จัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

วศินีย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) นักเรียนจะใช้ทักษะวิทยาศาสตร์ในการกำหนดปัญหาที่จะนำมาจัดการเรียนรู้ ซึ่งปัญหานั้นอาจจะเป็นปัญหาที่นักเรียนสนใจที่ได้มาจากการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น หรือเป็นปัญหาที่นักเรียนได้รับข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ ที่นักเรียนสนใจเพื่อให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้

2) ครูอธิบายภาพรวมของปัญหา แล้วให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มร่วมกันขยายผล ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อปัญหา อาจมีการถกเถียงกันด้วยความตั้งใจของนักเรียนภายในกลุ่มเนื่องจากความคิดเห็นที่มีต่อปัญหานั้นมีความหลากหลาย ทั้งนี้หากนักเรียนมีข้อสงสัยสามารถสอบถามครู

3) นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการแบ่งหน้าที่เพื่อสืบค้นข้อมูลจากสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ นักเรียนศึกษาข้อมูล ความรู้ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการแก้ไขปัญหา

4) นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ที่ตนได้สืบค้นมาโดยใช้ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสมาชิกในกลุ่มของตน นำเสนอข้อมูล ความรู้ ที่นักเรียนได้สืบค้นมาโดยใช้ผังความคิดหรือผังมโนทัศน์

5) นักเรียนใช้ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เพื่อร่วมกันสรุปความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่ผู้เรียนเลือก เพื่อเตรียมนำเสนอข้อมูลของตนต่อสมาชิกในชั้นเรียน

6) นักเรียนทุกคนในกลุ่มร่วมกันเสนอผลงานที่กลุ่มของตนเองได้จัดทำขึ้น โดยใช้ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในการนำเสนอผลงานของกลุ่ม โดยมีการประเมินให้คะแนนจากครูและสมาชิกในชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันถามตอบเพื่อทบทวนความรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาวิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ว่า ครูผู้สอนต้องให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดอย่างรอบด้าน จากข้อมูลหรือหลักฐานที่ครูกำหนดให้ เพื่อให้ นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ รวมทั้งนักเรียนต้องสามารถพิจารณาคุณค่าที่แท้จริงของสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

5.4 การวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีหลากหลายรูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบใช้ในโอกาสที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมมาเป็นแนวทางในการศึกษางานวิจัย แสดงรายละเอียดดังนี้

5.4.1 Macintyre (2000 อ้างถึงใน นิตยา ภูผาบาง, 2559) กล่าวว่า การวัดโดยใช้แบบทดสอบ (Test) ซึ่งการวัดโดยวิธีนี้เป็น การวัดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องด้วยใช้ง่ายและสะดวกสำหรับผู้สอบ แบบทดสอบสามารถแบ่งตามลักษณะการตอบได้ 2 ประเภท ดังนี้

1) แบบทดสอบแบบปรนัย (Objective type) เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-choice) ข้อสอบแบบนี้แต่ละข้อคำถาม ประกอบด้วยโจทย์และตัวเลือกมีตั้งแต่ 3 ตัวเลือกถึง 5 ตัวเลือก แบบทดสอบแบบนี้จะวัดความสามารถของสมองได้ตั้งแต่ขั้นต่ำถึงขั้นสูง โดยคำตอบในตัวเลือกนั้นจะมีข้อถูกอยู่เพียงข้อเดียว ส่วนข้ออื่นๆ เป็นตัวลวง การทดสอบแบบนี้เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลที่มีจำนวนมาก

2) แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง (Subjective or essay) เป็นข้อสอบที่นักเรียนแสดงคำตอบด้วยการเขียนตอบแบบอิสระ โดยใช้ความสามารถของนักเรียนทำความเข้าใจในสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วเขียนคำตอบที่แสดงถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ข้อสอบดังกล่าวต้องใช้สถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้สอบแสดงพฤติกรรมหรือสะท้อนความคิดออกมา โดยลักษณะของสถานการณ์และคำถามของข้อสอบ มีดังนี้

2.1) สถานการณ์

2.1.1) เนื้อหาในสถานการณ์จะต้องไม่ยากหรือซับซ้อนจนเกินไป ใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่ายและเหมาะสมกับระดับผู้เรียน สถานการณ์ที่ใช้ในข้อสอบอาจเลือกใช้เหตุการณ์ ปรากฏการณ์หรือประเด็นที่สังคมให้ความสนใจ ซึ่งหาได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น บทความจากใน หนังสือวารสาร หรือข่าวจากหนังสือพิมพ์

2.1.2) สถานการณ์ที่นำมาใช้อาจเป็นสถานการณ์จริง สถานการณ์จำลอง หรือเป็นเรื่องราวที่สมมติขึ้นอย่างมีเหตุผลช่วยกระตุ้นให้เกิดการคิดและนำเสนอใจประกอบด้วย ข้อความแผนภาพ รูปภาพ หรือตารางข้อมูล

2.2) ข้อคำถาม

2.2.1) คำถามที่ใช้ต้องเหมาะสมกับสถานการณ์และระดับ พฤติกรรมที่ต้องการวัดใช้ภาษาที่ถูกต้อง เข้าใจง่าย สื่อความหมายได้ชัดเจน และเหมาะสมกับผู้เรียน

2.2.2) คำถามที่ใช้สามารถวัดการคิดระดับสูงอย่างการคิดอย่างมี วิจารณ์ตามที่ต้องการได้

5.4.2 การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการสื่อสารระหว่างบุคคลซึ่งแตกต่าง จากการสนทนาโดยทั่วไป เพราะการสัมภาษณ์จะต้องมีจุดมุ่งหมาย ต้องเตรียมคำถามและติดต่อกับ ผู้ให้สัมภาษณ์โดยมีกำหนดเวลาที่แน่นอน การสัมภาษณ์แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

1) การสัมภาษณ์แบบมี/ไม่มีระบบ (Structured of Unstructured interviews) การสัมภาษณ์แบบมีระบบเป็นวิธีการที่ผู้รวบรวมข้อมูลได้กำหนดรูปแบบการสัมภาษณ์มี รายการคำถามที่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่แสดงถึงองค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณและการคิดแก้ปัญหา เวลาและสถานที่สัมภาษณ์ไว้เรียบร้อยแล้ว มักใช้กับกรณีผู้ถูก สัมภาษณ์หลายคน แต่มีข้อจำกัดคืออาจทำให้ได้ข้อมูลไม่ลึกซึ้งเพียงพอในบางประเด็นซึ่งตรงข้ามกับ การสัมภาษณ์แบบไม่มีระบบที่ผู้รวบรวมข้อมูลอาจตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงมากที่สุดเช่น การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและการคิดแก้ปัญหา โดยใช้การสัมภาษณ์แบบไม่มี ระบบ โดยมีลักษณะเป็นสถานการณ์ ปัญหา และมีรายการคำถาม ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่แสดง ถึงองค์ประกอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนมากที่สุด

2) การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม/รายบุคคล (Group/ Individual interviews) เป็นการสัมภาษณ์ที่แยกตามจำนวนผู้ถูกสัมภาษณ์จะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบกลุ่มและแบบ รายบุคคล กรณีมีผู้ถูกสัมภาษณ์หลายคนและสัมภาษณ์ในประเด็นเดียวกันหรือต้องการข้อมูลที่เป็น ข้อเท็จจริงของกลุ่ม อาจใช้การสัมภาษณ์แบบกลุ่ม ข้อดีคือวิธีนี้ช่วยประหยัดเวลาในการสัมภาษณ์ ส่วนการสัมภาษณ์รายบุคคลนั้นก็ยังมีข้อดีคือ ผู้ถูกสัมภาษณ์จะให้ข้อมูลที่เปิดเผยหรือความรู้สึกได้ อย่างอิสระมากกว่าการสัมภาษณ์แบบกลุ่มเพราะไม่มีการครอบงำจากกลุ่ม และเหมาะกับการ

สัมภาษณ์เชิงลึก (In depth interviews) มากกว่าแบบกลุ่ม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดตรงที่อาจได้ข้อเท็จจริงไม่ครบถ้วนเพราะผู้ถูกสัมภาษณ์ไม่ได้รู้ทั้งหมดหรือจำเป็นต้องตรวจสอบซ้ำกับผู้ถูกสัมภาษณ์คนอื่นทำให้เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลมาก

5.4.3 การสังเกต (Observation) เป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลที่นิยมใช้สำหรับการวิจัยปฏิบัติการในโรงเรียนเพราะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นพฤติกรรม การกระทำ กิริยาอาการหรือการแสดงออกทั้งของบุคคลและของกลุ่มบุคคลซึ่งสามารถใช้ประสาทสัมผัสต่างๆ รับรู้และทำความเข้าใจได้วิธีการสังเกต แบ่งได้ 4 วิธี ดังนี้

1) การสังเกตโดยผู้ถูกสังเกตรู้ตัวและไม่รู้ตัว (Known or unknown observation)

1.1) การสังเกตโดยผู้ถูกสังเกตรู้ตัวนั้น ผู้สังเกตต้องเข้าไปมีส่วนร่วมอยู่ในเหตุการณ์และใกล้ชิดกับผู้ถูกสังเกต ข้อดี คือ สามารถสังเกตพฤติกรรมได้ครบถ้วน แต่มีข้อเสียคือผู้ถูกสังเกตอาจแสดงพฤติกรรมไม่เป็นธรรมชาติ

1.2) การสังเกตโดยผู้ถูกสังเกตไม่รู้ตัว ในบางครั้งผู้สังเกตอาจไม่สามารถเข้าไปอยู่ใกล้ชิดในสถานการณ์นั้นได้ แต่มีข้อดีคือทำให้ได้พฤติกรรมที่เป็นธรรมชาติแท้จริง

2) การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและไม่มีส่วนร่วม (Participant or nonparticipant)

2.1) การสังเกตแบบมีส่วนร่วมนั้นผู้สังเกตต้องเข้าไปอยู่ในสถานการณ์เหมือนเป็นสมาชิกคนหนึ่ง และต้องทำกิจกรรมร่วมไปกับกลุ่มด้วย ซึ่งผู้ถูกสังเกตอาจรู้ตัวหรือไม่รู้ตัวก็ได้วิธีนี้จะได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและเป็นธรรมชาติ

2.2) การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม ผู้สังเกตไม่ได้ร่วมกิจกรรมเป็นเพียงผู้ดูอยู่ห่าง ๆ การไม่มีส่วนร่วมนี้อาจได้ข้อมูลที่เป็นพฤติกรรมธรรมชาติแต่อาจได้ข้อมูลไม่ครบถ้วน

3) การสังเกตแบบมีระบบและไม่มีระบบ (Structured or unstructured)

3.1) การสังเกตแบบมีระบบ เป็นวิธีที่ผู้สังเกตกำหนดแนวทางรูปแบบของการสังเกตให้เป็นระบบไว้ล่วงหน้า ซึ่งต้องทราบว่าจะสังเกตอะไร เวลาใด โดยจัดเตรียมแบบบันทึกการสังเกตไว้อย่างชัดเจนว่าจะบันทึกพฤติกรรมใด และอาจมีการซักซ้อมการสังเกตไว้ล่วงหน้าซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดครบถ้วนและถูกต้อง

3.2) การสังเกตแบบไม่มีระบบ ไม่สามารถวางแผนการสังเกตไว้ล่วงหน้าได้และควรใช้กับสถานการณ์เฉพาะหน้าหรือในสถานการณ์ที่ไม่อาจวางระบบการสังเกตได้เท่านั้น

4) การสังเกตโดยตรงและโดยอ้อม (Direct or indirect observation)

4.1) การสังเกตโดยตรง เป็นวิธีที่ผู้สังเกตอยู่ในสถานการณ์จริง และรวบรวมข้อมูลจากประสาทสัมผัสทั้งหมดได้

4.2) การสังเกตทางอ้อม เป็นการสังเกตผ่านเครื่องมือบันทึกข้อมูลอื่น ๆ เช่น การใช้เทคนิควัดทัศนภาพและเสียง (Audio and video tape) มีข้อดีคือ สามารถสังเกตซ้ำได้หลายครั้ง มีความเหมาะสมกับบางสถานการณ์ที่หากสังเกตโดยตรงอาจได้ข้อมูลที่ไม่เป็นจริงได้ แต่มีข้อจำกัดคือข้อมูลที่ได้อาจไม่ครบถ้วน คุณภาพของเสียงและภาพอาจไม่ชัดเจนจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากผู้เชี่ยวชาญทั้งต่างประเทศ และในประเทศที่ได้สร้างเครื่องมือการวัดเพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการวัด และเครื่องมือแต่ละชนิดมีการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณในกรอบแนวคิดที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้รวบรวมดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

Watson, & Glaser (1964) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรียกว่า The Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGCA) ประกอบด้วยฟอร์ม A และ B โดยแต่ละฟอร์ม จะประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 5 แบบทดสอบ เพื่อใช้วัดความสามารถ 5 ด้าน ดังนี้

1) ความสามารถในการสรุปอ้างอิง เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจ จำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ โดยลักษณะแบบวัดจะกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปประมาณ 3 - 5 ข้อ ต่อสถานการณ์นั้น ผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่าข้อสรุปแต่ละข้อเป็นอย่างไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก คือ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ เป็นเท็จ

2) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ลักษณะแบบวัดจะกำหนดสถานการณ์มาให้ โดยมีข้อความตามมา 2 - 3 ข้อความต่อสถานการณ์นั้น ๆ แล้วพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อความในแต่ละข้อเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ทั้งหมด

3) ความสามารถในการนิรนัย เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปมา 2 - 4 ข้อ ต่อข้ออ้างนั้น ๆ ผู้ตอบจะต้องพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่

4) ความสามารถในการตีความ เป็นการวัดความสามารถในการลงความเห็น และอธิบายความเป็นไปได้ของข้อสรุปนั้น ลักษณะแบบวัดจะเป็นการกำหนดของสถานการณ์มาให้ แต่ละสถานการณ์จะมีข้อสรุปมาให้ 2 - 3 ข้อ ผู้ตอบต้องพิจารณาว่าแต่ละข้อ ข้อใดใช่หรือไม่ใช่ ข้อสรุปที่จำเป็นของสถานการณ์นั้น

5) ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง เป็นการวัดความสามารถในการตอบคำถามและอ้างเหตุผลได้สมเหตุสมผล ลักษณะแบบวัดจะเป็นการกำหนดคำถาม ให้แต่ละคำถามจะมีคำตอบพร้อมเหตุผลโดยให้ผู้ตอบพิจารณาว่าคำตอบใด มีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามนั้น

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นเองตามกรอบกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ Watson & Glaser (1980) เพราะสามารถทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ครอบคลุมทุกด้านดังนี้ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการประเมินข้อโต้แย้ง โดยลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง (Subjective or essay) ที่ลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ชุด ชุดละ 4 สถานการณ์ (20 ข้อ) ซึ่งเป็นข้อสอบที่นักเรียนแสดงคำตอบด้วยการเขียนตอบแบบอิสระ โดยใช้ความสามารถของนักเรียนทำความเข้าใจในสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วเขียนคำตอบที่แสดงถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งนี้ยังมีแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนรู้ว่านักเรียนมีพฤติกรรมด้านความคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างไร รวมถึงแบบสัมภาษณ์นักเรียนโดยอิงเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

6.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

จอห์นสัน (Johnson, 2008, อ้างอิงใน ขวลิขิต ชูกำแพง, 2565) ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นการวิจัยระหว่างการปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่ โดยเป็นกระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริงของสถานศึกษาเพื่อทำความเข้าใจและพัฒนา ปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงาน

เคมมิส และแมคแทกกาท (Kemmis & Mc Taggart, 1988, อ้างอิงใน ขวลิขิต ชูกำแพง, 2565) ได้กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่น ๆ ในเชิงเทคนิค แต่แตกต่างในด้านวิธีการซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observing) และการสะท้อนกลับ (reflecting) เป็นการศึกษาที่จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

องอาจ นัยพัฒน์ (2548, อ้างอิงใน ขวลิต ชุกาแพง, 2565) ได้กล่าวว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน องค์กร หรือชุมชน โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสรรค์สร้างขึ้นไปใช้ปรับปรุง แก้ปัญหา หรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานได้อย่างทันต่อเหตุการณ์ สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งกลมกลืนกับโครงสร้างการบริหารงาน ตลอดจนบริบททางด้านสังคมและวัฒนธรรมและด้านอื่นๆ ที่แวดล้อมหรือเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านั้น

สรุปได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการศึกษารวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ โดยกำหนดขั้นตอนของการวิจัยประกอบด้วย การวางแผน (plan) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observation) และการสะท้อนกลับ (reflection)

6.2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537, อ้างอิงใน ขวลิต ชุกาแพง, 2565) ได้เสนอแนวคิดลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษา (Action Research in Education) ไว้อย่างน่าสนใจ ดังต่อไปนี้

1) เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (Participation and Collaboration) ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนร่วมสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกันในทุกกระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎี การปฏิบัติ ตลอดจนการวางแผนนโยบายการวิจัย

2) เน้นการปฏิบัติการ (Action Orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3) ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Function) กิจกรรมการวิเคราะห์การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผลเพื่อการปรับแผนการปฏิบัติการ

4) ใช้วงจรการปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ตามแนวคิดของเคมมิส และแมคแทกกาท (Kimmis & McTaggart) คือ การวางแผน (planning) ตลอดจนการปรับปรุงผล (re - planning) เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจ และได้เสนอเชิงทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

องอาจ นัยพัฒน์ (2548, , อ้างอิงใน ขวลิต ชุกาแพง, 2565) ได้ได้เสนอแนวคิดลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 8 ประการ ดังต่อไปนี้

1) เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านการปฏิบัติงาน (Practical Problem) ที่ผู้ปฏิบัติงานระดับล่างมักจะประสบในขณะที่ทำงานอยู่ประจำหรือปฏิบัติหน้าที่อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละวัน มากกว่าการเกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านทฤษฎี (Theoretical Problem) ซึ่งได้รับการนิยามหรือกล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ในสาขาวิชาความรู้ใดๆ โดยเฉพาะ

2) มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อทำความเข้าใจ (Understanding) ต่อสภาพปัญหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครู ผู้บริหารการศึกษาอย่างลุ่มลึกและกระจ่างชัด ภายใต้กระบวนการไคร่ครวญตรวจสอบในลักษณะสะท้อนกลับของยุทธวิธีปฏิบัติที่นักวิจัยเชิงปฏิบัติการได้ลงมือกระทำลงไปอย่างวิพากษ์วิจารณ์ (critically) อันจะนำไปสู่การได้แนวทางปฏิบัติการสำหรับใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทแวดล้อมมากยิ่งขึ้น สำหรับการดำเนินงานในลำดับต่อไป นอกจากนั้นยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งสภาวะการณ์เงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์องค์ความรู้เชิงวิชาการอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นการเฉพาะ

3) มุ่งเน้นการตีความหมายเหตุการณ์ หรือสภาวะการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้น ตามความคิดเห็นหรือทัศนะของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ของปัญหาดังกล่าว มากกว่าการอาศัยแนวคิดทฤษฎี กฎหรือหลักการของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าท่าทาง การกระทำ การติดต่อสื่อสารหรือพฤติกรรมใด ๆ ของมนุษย์ ทั้งที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดหรือไม่เห็นเด่นชัดในเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ของปัญหาหนึ่ง ๆ สามารถตีความหมายได้โดยการสรุปอ้างอิง (inference) จากแรงจูงใจความเชื่อ เจตนา หรือจุดมุ่งหมายของผู้แสดงพฤติกรรมประกอบเข้ากับบริบทแวดล้อมที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำเหล่านั้นขึ้น เช่น บรรทัดฐาน ค่านิยม และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางสังคมเป็นสำคัญ โดยนัยดังกล่าวนี้แสดงว่านักวิจัยไม่สามารถตีความหมายพฤติกรรมหรือการกระทำของบุคคลใด ๆ ได้เลย ถ้าปราศจากการพิจารณาบริบทแวดล้อมพฤติกรรมนั้น ๆ มาประกอบด้วย

4) เสนอผลการวิจัยในรูปแบบเรียบง่าย การเสนอรายงานผลการศึกษาวิจัยในรูปแบบด้วยการเลือกใช้ถ้อยคำ สำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำศัพท์เฉพาะสาขาวิชา (technical term) และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรมเพื่อทำให้ง่ายต่อการติดตาม ทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้คำอธิบายเกี่ยวกับผลการวิจัยตลอดจนกระบวนการวิจัยอื่น ๆ สามารถตรวจสอบความตรง (validity) ได้จากการสนทนาแบบเป็นกันเองกับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะของกระบวนการวิจัย

5) มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศการมีส่วนร่วม การร่วมมือร่วมใจ การเชื่อถือและไว้วางใจ การเป็นมิตร รวมทั้งความเป็นอิสระและความเสมอภาคในการแสดงความคิดเห็น

6) ผ่อนคลายความเข้มงวดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย การดำเนินงาน วิจัยเชิงปฏิบัติการไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบการจัดกระทำทางการทดลองและการควบคุม ตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัดแบบตายตัวด้วยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Design) หรือวิธีการทางสถิติใดๆ (Statistical Control) แนวคิดพื้นฐาน ดังกล่าวนี้นี้ไม่ได้หมายความว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการละเลยหรือมองข้ามความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากแต่ปรับวิธีการศึกษาค้นคว้า ด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืนหรือสอดคล้องกับลักษณะของปัญหา สภาพการณ์ต่างๆ รวมทั้งบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่แวดล้อม ปัญหาที่ต้องการแสวงหาความรู้ความจริง ด้วยเหตุนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณที่อาศัย แบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Design) หรือการวิจัยเชิงคุณภาพ

7) ไม่เน้นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาวิจัยข้ามไปยังบริบทอื่น การสรุปอ้างอิงผล การวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคลุมไปยังห้องเรียน หรือโรงเรียนที่มีทำเลที่ตั้งหรือบริบทอื่นๆ แตกต่างไปจากทำเล หรือบริบทที่ทำการวิจัยจริง มีลักษณะค่อนข้างจำกัด กว่าการวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จาก การวิจัยเชิงปฏิบัติการ ไม่สามารถอาศัยกฎของความครอบคลุม (Covering law) ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุ (Causal Relationships) ดังนั้นในทางปฏิบัติ โดยทั่วไป การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จึงมีแนวโน้มกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยให้ครอบคลุม ข้ามไปยังขอบเขตอื่นที่นอกเหนือก็สามารถกระทำได้ ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทเหล่านั้นมีลักษณะคล้ายคลึงหรืออยู่ในสภาพการณ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งได้รับการยืนยันจากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

8) สร้างดุลยภาพและความเสมอภาคระหว่างทัศนคติของบุคคลภายใน และ ภายนอก นักวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เป็นบุคคลภายใน (Insider) และบุคคลภายนอก (Outsider) ของสถานที่ทำการศึกษาวิจัย มีบทบาทสำคัญ 2 ประการ คือ บุคคลภายในมีบทบาทเป็น ทั้งผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ปกติและเป็นักวิจัยปฏิบัติการในสถานที่ทำงานของตนเอง ในขณะที่บุคคลภายนอกมีบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญ/ผู้ให้คำปรึกษาทางวิชาการให้กับ บุคคลภายในและเป็นักวิจัยเชิงปฏิบัติการเช่นเดียวกับบุคคลภายใน นักวิจัยเชิงปฏิบัติ การทั้งที่เป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกจะต้องปรับบทบาทของตนเองให้มีดุลยภาพ ทางแนวความคิด ความเชื่อ และการปฏิบัติอยู่เสมอในแต่ละสภาพการณ์ นอกจากนี้จะต้องสร้างความเสมอภาคทางความคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมการวิจัยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดหรือความสับสนระหว่างบทบาทเหล่านั้นในขณะปฏิบัติงานวิจัย

สรุปได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษาวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ เน้นการปฏิบัติการ (Action Orientation) ทุกคนมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย โดยการวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา ผ่านการวิเคราะห์การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผลเพื่อการปรับแผนการปฏิบัติการ แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้นำไปปฏิบัติในวงจรต่อไป จนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจ ทั้งนี้รูปแบบการเสนอผลการวิจัยเป็นรูปแบบเรียบง่าย เลือกล้อยคำ สำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน

6.3 การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยที่ผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการโดยการศึกษาวิเคราะห์แสวงหาข้อมูลหรือพยายามตั้งปัญหาในการเรียนการสอนออกมาและแสวงหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ด้วยกระบวนการที่เชื่อถือได้แล้วนำผลที่ได้ไปแก้ปัญหาหรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนที่กำลังดำเนินการอยู่ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งผลของการวิจัยอาจเกิดประโยชน์เฉพาะต่อปัญหานั้นในเวลานั้นเท่านั้น อาจไม่เกิดประโยชน์ต่อปัญหาอื่นก็ได้ (นงลักษณ์วิรัชชัย, 2545; สุวิมล ว่องวานิช, 2547; ทิศนา ขัมมณี, 2540; อุทุมพร จามรมาน, 2544; สุวัฒนา สุวรรณเขตนิม, 2540; กิตติพร ปัญญาภิญโญผล, 2541, อ้างอิงใน ขวลิต ชูกำแพง, 2565) โดยมีหลักการที่เป็นแนวความคิดพื้นฐานที่สำคัญ 4 ประการ คือ เน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เน้นที่การเรียนรู้ของผู้เรียน เน้นการใช้ข้อเท็จจริงและเน้นการปรับปรุงที่กระบวนการ วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นการวางแผน (Plan: P) ขั้นปฏิบัติการ (Act: A) ขั้นการสังเกต (Observe: O) และขั้นการคิดไตร่ตรองหรือการคิดสะท้อน (Reflect: R) สืบเนื่องต่อกันไปจนกว่าปัญหาได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

การทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ประจำวันการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน ครูวางแผนการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้และประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งก็เหมือน ๆ กับครุณักวิจัยวางแผนแก้ปัญหาหรือพัฒนาการสอนด้วยนวัตกรรมหรือกิจกรรม (จัดเข้าไปในแผนการจัดการเรียนรู้) และมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (การวางแผน) ดำเนินการสอนบทเรียนพร้อมกับการสังเกตและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการเรียนการสอน รวมถึงการพิจารณาผลจากการประเมินผลรวม (การปฏิบัติตามแผนและการรวบรวมข้อมูล) เมื่อจบบทเรียนครูสะท้อนว่า นักเรียนได้รับจากการเรียนรู้เป็นอย่างไร บรรลุตามวัตถุประสงค์ตามแผนการจัดการเรียนรู้หรือไม่อย่างไร (การสะท้อนผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย) และใช้เวลาในการสอนแต่ละครั้งสะท้อนผลว่า วันนี้ผลการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างไร มีอะไรที่ส่งผลถึงบทเรียนในครั้งต่อไป (แผนปฏิบัติการใหม่หรือปรับแผน

ในการสอนครั้งต่อไป) จะเห็นว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้กับกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการครูสามารถทำพร้อม ๆ กันได้ ไม่ว่าจะเป็นครูที่มีประสบการณ์หรือครูใหม่

6.3.1 ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีลักษณะโดยทั่วไปดังนี้ (Mertler, 2006 : Mills, 2003, อ้างอิงใน ขวลิขิต ชูกำแพง, 2565)

1) เกี่ยวข้องกับปัญหาต่าง ๆ ทางด้านการปฏิบัติงาน ที่ครูมักประสบ ในขณะที่ทำการสอนหรือปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ในแต่ละวันมากกว่าการเกี่ยวข้องกับปัญหาทางทฤษฎี (the optical problems) ซึ่งได้รับการนิยามหรือกล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ ในสาขาวิชาวิชาความรู้ใด ๆ โดยเฉพาะ

2) มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อทำความเข้าใจต่อสภาพปัญหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครูอย่างลุ่มลึกและกระจ่างชัด ภายใต้กระบวนการสะท้อนกลับผลของยุทธวิธีปฏิบัติที่นักวิจัยเชิงปฏิบัติการได้กระทำลงไปอย่างใคร่ครวญในเชิงวิพากษ์ (critically self-reflective processes) อันจะนำไปสู่แนวทางการได้วิธีการสำหรับการแก้ไขปัญหานั้นที่เหมาะสมสอดคล้องกับบริบทแวดล้อม นอกจากนั้นยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งสภาพการณ์เงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างองค์ความรู้ใดอย่างหนึ่ง

3) เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นจะถูกตีความหมาย (interpretation) ตามความคิดเห็นหรือทัศนะของผู้ปฏิบัติหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือสถานการณ์ของปัญหาดังกล่าวโดยตรง มากกว่าการอาศัยกฎหรือหลักการของวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ ทั้งนี้เพราะมีความเชื่อว่าท่าทางการกระทำ การติดต่อสื่อสาร หรือพฤติกรรมอื่น ๆ ของมนุษย์ ทั้งที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดและไม่เห็นเด่นชัดในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ของปัญหาหนึ่ง ๆ สามารถอธิบายหรือตีความหมายได้โดยการสรุปอ้างอิง (inference) แรงจูงใจ (motivation) ความเชื่อ (beliefs) เจตนา (intention) หรือจุดมุ่งหมาย (purpose) ของผู้แสดงพฤติกรรม รวมทั้งบริบท (contexts) แวดล้อมที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำเหล่านั้นขึ้นเช่น บรรทัดฐาน (norms) ค่านิยม (values) และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางสังคมหนึ่ง ๆ เป็นสำคัญ

4) ผลของการสงสัยจะต้องรายงานด้วยการเลือกใช้ถ้อยคำภายในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติ โดยเสียงคำศัพท์เฉพาะวิชาสาขา (rettrial teams) และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรม ดังนั้น จึงทำให้ง่ายต่อการเข้าใจของผู้ปฏิบัติ นอกจากนั้นจำเป็นต้องอธิบายเกี่ยวกับผลของการวิจัยรวมทั้งกระบวนการทำวิจัยอื่นที่สามารถตรวจสอบความเที่ยงตรงได้จากการสนทนาแบบ

เป็นกันเอง (unconstrained dialogue) กับผู้ปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะหรือขั้นตอนของกระบวนการวิจัย

5) การดำเนินการวิจัยในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศของการมีส่วนร่วม การร่วมมือ ร่วมใจ การเชื่อถือและไว้วางใจ การเป็นมิตร และการเป็นอิสระและเสมอภาคทางความคิด เช่น ในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมในการวิจัย และต้องมีอิสระในการเข้าถึงหรือได้รับทราบ ข้อมูลที่แท้จริงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งกันและกัน กิจกรรมต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้จะต้องกระทำภายใต้บรรยากาศของความไว้วางใจ และความเชื่อถือนระหว่างผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมในงานวิจัย การให้สัญญาของผู้วิจัยต่อ ผู้เข้าร่วมการวิจัยว่าเก็บรักษาข้อมูลการวิจัยที่ได้รับไว้เป็นความลับเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่สร้างความไว้วางใจ

6) วิธีการศึกษาค้นคว้าไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบ (Teamwork) ของการวิจัยเชิงทดลองและการควบคุม ตัวแปรอย่างเคร่งครัด ด้วยแบบแผนของการวิจัยเชิงทดลอง หรือวิธีการทางสถิติใด ๆ เหมือนกับการวิจัยทางวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์อื่น ๆ ที่เน้นการหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาเชิงทฤษฎีในสาขาวิชาใด ๆ โดยเฉพาะเท่านั้น อย่างไรก็ตามก็ไม่ได้หมายความว่าการศึกษาเชิงปฏิบัติการจะละเลยหรือมองข้ามความสำคัญของการค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากแต่มีวิธีการปรับวิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืน หรือสอดคล้องกับปัญหา สภาพการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งบริบทของสังคมที่แวดล้อมไปด้วยเหตุนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ที่อาศัยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (quasi-experimental design) หรือการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) เช่น การศึกษาเฉพาะกรณี (case study) การศึกษาเชิงชาติพันธุ์วรรณา (ethnography) เป็นต้น

7. การสรุปอ้างอิงผลการวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคลุมเข้าไปยังห้องเรียนหรือโรงเรียนที่มีทำเลที่ตั้งหรือบริบทอื่น ๆ แตกต่างไปจากทำเล หรือบริบทที่ทำการวิจัยจริง (generalizations) การวิจัยเชิงปฏิบัติการมีลักษณะค่อนข้างจำกัดกว่าการวิจัยเชิงการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะการสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้รับจากการวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่สามารถอาศัย "กฎของการครอบคลุม" (covering law) ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไป การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยเชิงปฏิบัติการจึงมีแนวโน้มกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาหนึ่ง ๆ อย่างไรก็ตามถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ก็สามารถกระทำได้ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านั้นมีลักษณะใกล้เคียงหรือได้รับการยืนยันจากผลของการศึกษาวิจัยอื่น ๆ ประกอบ การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจึงมีลักษณะเฉพาะเจาะจงต่างจากการวิจัยทางการศึกษาทั่วไป (สุวิมล ว่องวานิช, 2547)

สรุปได้ว่าลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจะประกอบด้วย ครูผู้สอนจะต้องประสบปัญหาในขณะสอนโดยการสังเกตจากสถานการณ์ที่พบเจอ จากนั้นกำหนด จุดมุ่งหมายลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่วางแผนไว้และสรุปผลการวิจัย

6.3.2 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนแบ่งได้ 3 รูปแบบดังนี้ (Calhoun, 2002, อ้างอิงใน ขวลิขิต ชูกำแพง, 2565)

1) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบทำคนเดียว (individual teacher research) เป็นการวิจัยที่เน้นการเปลี่ยนแปลงในห้องเรียนใดห้องเรียนหนึ่ง โดยการกำหนดปัญหาในห้องเรียนที่ต้องการแก้ไข และหาแนวทางแก้ไข นักเรียนอาจไม่มีส่วนร่วมในการกำหนดทางเลือกต่าง ๆ หากจะมีบุคคลอื่น เช่น ผู้ปกครองเกี่ยวข้องด้วยในการวิจัย ก็จะเป็นเพียงผู้ให้ข้อมูลมากกว่า

2) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบร่วมมือ (collaborative action research) เป็นการวิจัยที่ทำเป็นกลุ่ม ผู้วิจัยมีจำนวนมากกว่าหนึ่งคนขึ้นไป อาจประกอบด้วยผู้บริหาร และ นักวิชาการจากมหาวิทยาลัยหรือบุคลากรอื่น ๆ ร่วมวิจัย มีจุดมุ่งหมายเน้นที่ปัญหาหรือการเปลี่ยนแปลงในห้องเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งคณะวิจัยอาจจะเน้นปัญหาในพื้นที่ของตนเอง แต่ยังเป็น กระบวนการที่เป็นการสืบค้นความรู้ในห้องเรียนกระบวนการวิจัยจะมีลักษณะเหมือนครูทำคนเดียว

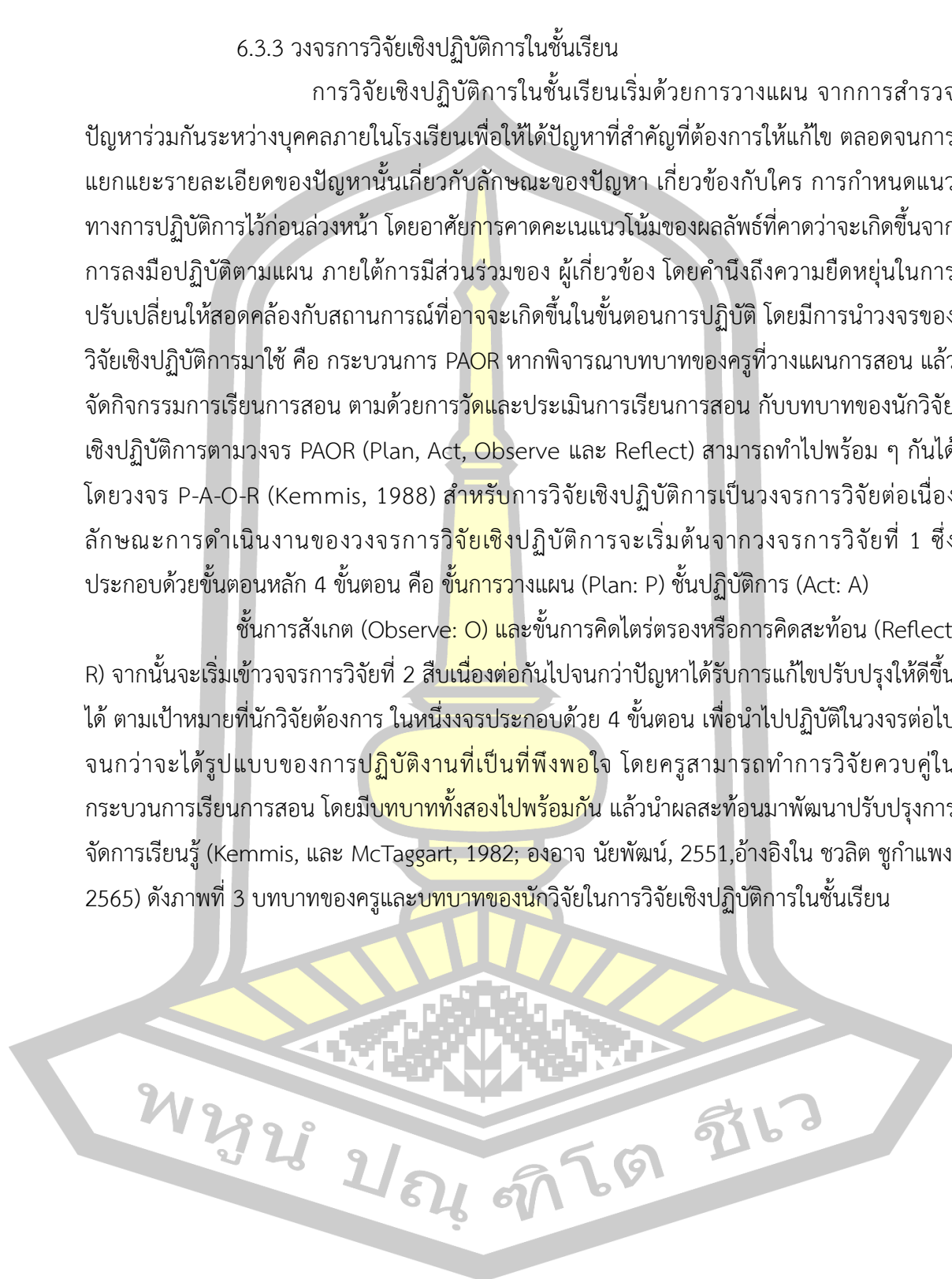
3) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบทำร่วมกันทั้งโรงเรียน (school wide action research) เป็นการวิจัยที่คณะทำงานเป็นผู้ปฏิบัติในโรงเรียน มีการทำงานโดยเลือกปัญหาที่สนใจร่วมกัน มีการรวบรวมข้อมูลการจัดระบบ และการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากโรงเรียน กระบวนการวิจัยเป็นแบบวงจรต่อเนื่องที่มีหน้าที่เหมือนการประเมินความก้าวหน้า มีจุดมุ่งหมายเพื่อเน้นที่การปรับปรุงโรงเรียน ได้แก่ 1) การค้นหาวิธีการปรับปรุงโรงเรียนเพื่อแก้ปัญหา 2) พยายามปรับปรุงการทำงานเพื่อให้เกิดความเท่าเทียมแก่นักเรียน 3) เพิ่มขอบข่ายของสาระในการสืบค้นแนวทางการแก้ปัญหา

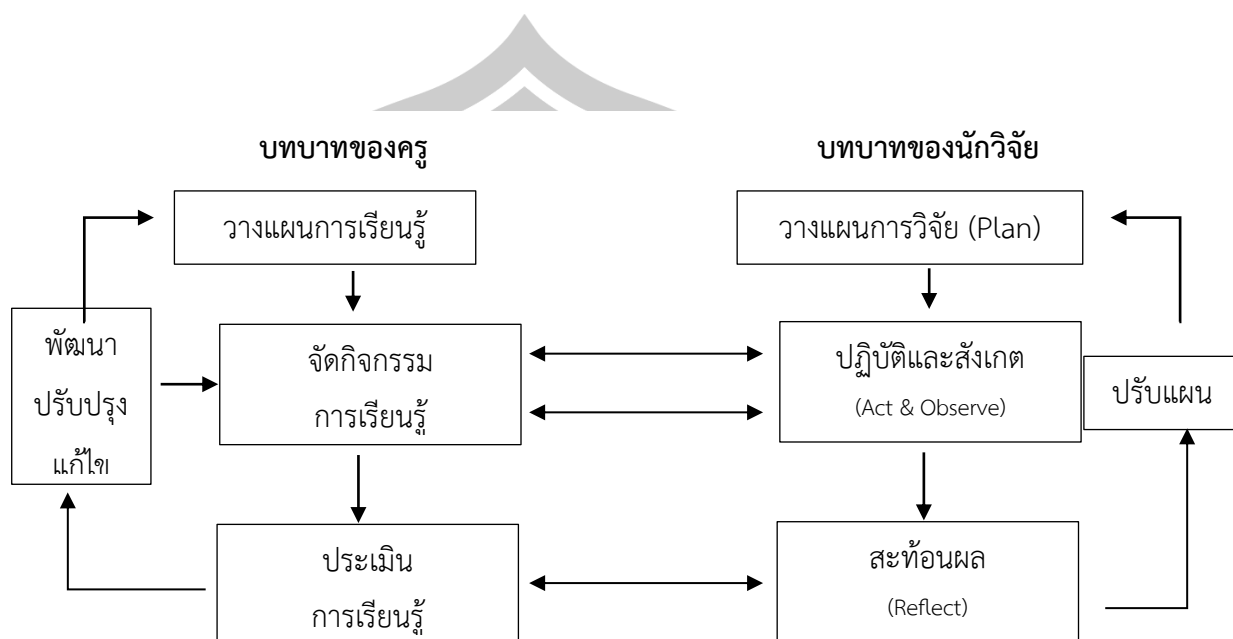
สรุปได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ประกอบด้วย การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบทำคนเดียว การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบร่วมมือ และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบทำร่วมกันทั้งโรงเรียน ที่จะนำไปสู่การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพได้อย่างแท้จริง เนื่องจากเป็นการวิจัยที่เริ่มจากการหาแนวทางแก้ไขด้วยตนเอง แล้วนำไปสู่การวิจัยที่ทำร่วมกันผู้อื่นจนกลายเป็นคณะทำงานที่ช่วยกันสืบค้นหาแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกันนั่นเอง

6.3.3 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเริ่มด้วยการวางแผน จากการสำรวจปัญหาร่วมกันระหว่างบุคคลภายในโรงเรียนเพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการแก้ไข ตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหานั้นเกี่ยวกับลักษณะของปัญหา เกี่ยวข้องกับใคร การกำหนดแนวทางการปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติตามแผน ภายใต้การมีส่วนร่วมของ ผู้เกี่ยวข้อง โดยคำนึงถึงความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการปฏิบัติ โดยมีการนำวงจรของวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ คือ กระบวนการ PAOR หากพิจารณาบทบาทของครูที่วางแผนการสอน แล้วจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตามด้วยวัดและประเมินการเรียนการสอน กับบทบาทของนักวิจัยเชิงปฏิบัติการตามวงจร PAOR (Plan, Act, Observe และ Reflect) สามารถทำไปพร้อม ๆ กันได้ โดยวงจร P-A-O-R (Kemmis, 1988) สำหรับการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นวงจรการวิจัยต่อเนื่อง ลักษณะการดำเนินงานของวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะเริ่มต้นจากวงจรการวิจัยที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นการวางแผน (Plan: P) ขั้นปฏิบัติการ (Act: A)

ขั้นการสังเกต (Observe: O) และขั้นการคิดไตร่ตรองหรือการคิดสะท้อน (Reflect: R) จากนั้นจะเริ่มเข้าวงจรการวิจัยที่ 2 สืบเนื่องต่อกันไปจนกว่าปัญหาได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ตามเป้าหมายที่นักวิจัยต้องการ ในหนึ่งวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไป จนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจ โดยครูสามารถทำการวิจัยควบคู่ในกระบวนการเรียนการสอน โดยมีบทบาททั้งสองไปพร้อมกัน แล้วนำผลสะท้อนมาพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ (Kemmis, และ McTaggart, 1982; องอาจ นัยวัฒน์, 2551, อ้างอิงใน ขวลิต ชูกำแพง, 2565) ดังภาพที่ 3 บทบาทของครูและบทบาทของนักวิจัยในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน



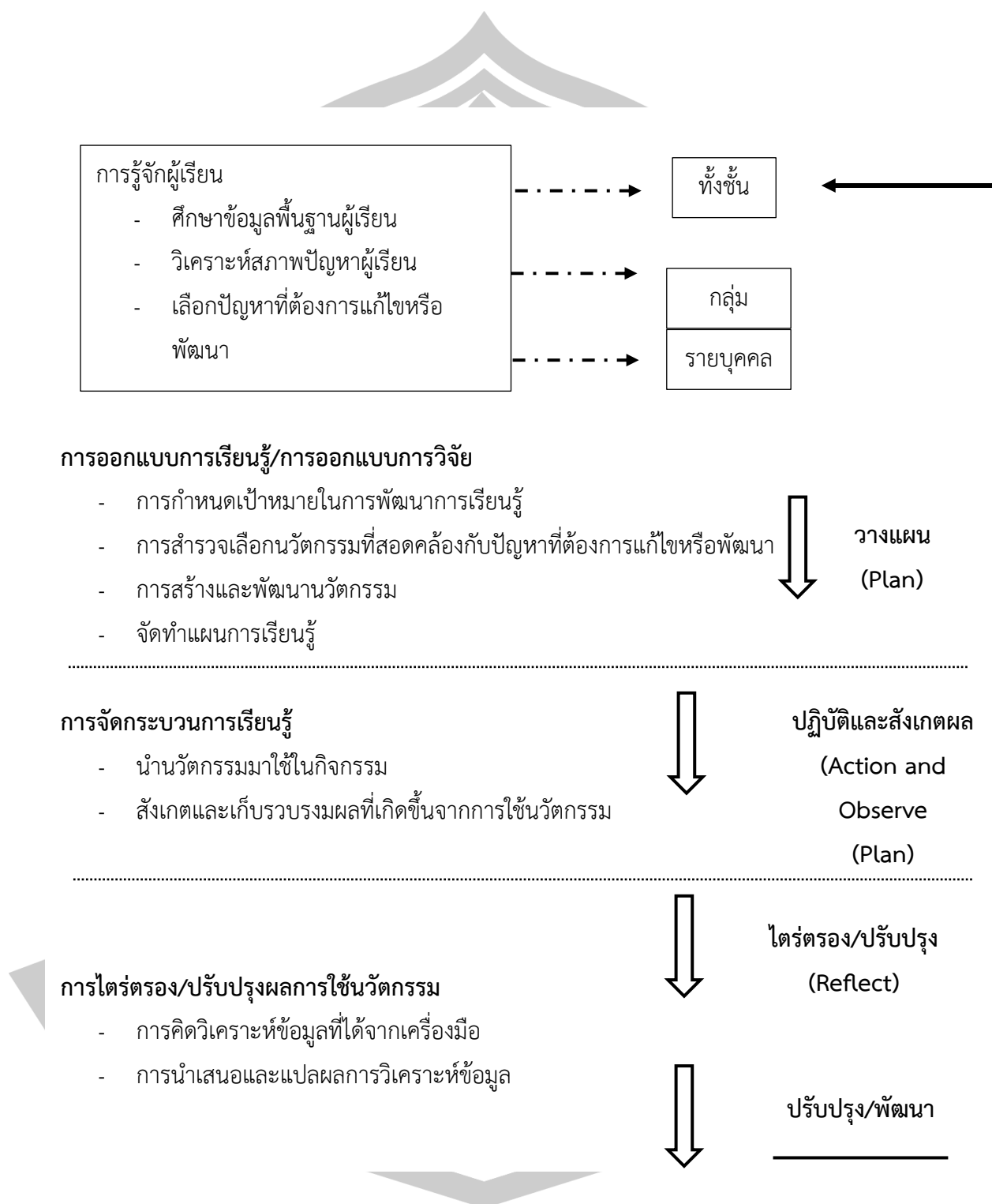


ภาพที่ 3 แสดงบทบาทครูกับบทบาทนักวิจัย

จากขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการดังที่แสดงไว้ จะเริ่มด้วยขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติและขั้น สังเกต (Act and Observe) และ ขั้นทบทวนและประเมินผลเพื่อปรับแผน (Reflect: Review & Evaluate Cycle) ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วยวงจร PAOR ในวงจรแรกอาจเป็นวงจรวัดความรู้พื้นฐาน วงจรปรับความรู้พื้นฐาน และวงจรสอนเนื้อหาใหม่ วงจรผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ซ้ำแล้วซ้ำอีก แต่เนื้อหาข้อมูลเปลี่ยนไปตามบทเรียนในขณะที่ปัญหาการเรียนรู้และรวมถึงพฤติกรรมเรียนการสอน ก็ได้รับการปรับแก้ไปพร้อม ๆ กัน จนสิ้นภาคเรียนเพื่อประเมินตัดสินผลการเรียน ปัญหาของกลุ่มยังต้องการแก้ไขในภาคต่อไป ในขณะที่ปัญหารวมที่ได้แก้ไขในกลุ่มเดิมจะพบในกลุ่มใหม่ที่ผู้สอนยังสอนวิชาเดิมต่อไป ซึ่งต้องแก้ปัญหให้กับกลุ่มใหม่ต่อไป การใช้วงจรจะช่วยให้ทำงานอย่างมีระบบ สามารถได้ข้อมูลและใช้ขั้นตอนของวงจรเข้าตรวจสอบความตรงและความเชื่อถือได้ของข้อมูล

6.3.4 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน สามารถดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามลำดับขั้นตอนตามแผนภูมิดังต่อไปนี้ (ขวลิต ชูกำแหง, 2560)



ภาพที่ 4 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

6.3.5 รูปแบบวงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักวิจัยเชิงปฏิบัติการได้พัฒนากระบวนการการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ความคิดความเชื่อของตนเอง รูปแบบวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติที่เป็นที่นิยม ดังนี้

Lewin (1948 อ้างอิงใน ชวลิต ชูกำแพง, 2565) รูปแบบวงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kurt Lewin Lewin เป็นบุคคลแรกที่ริเริ่มการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ได้อธิบายขั้นตอนของการดำเนินการว่า มีลักษณะเป็นขั้นบันไดเวียน (spiral of steps) ซึ่งในแต่ละวงจรจะประกอบด้วยขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การค้นหาข้อเท็จจริงและผลของการปฏิบัติ (fact-finding about the result of the action) ซึ่งเป็นแบบพื้นฐานของวิจัยเชิงปฏิบัติการในยุคถัดมา รูปแบบการวิจัยปฏิบัติของ Lewin มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดความคิดทั่วไปหรือความคิดริเริ่ม (identifying a general or initial idea) หรือประเด็นปัญหาที่ต้องการพัฒนา เป็นการเริ่มต้นด้วยการพิจารณาว่าจะปรับปรุงส่วนไหนในการทำงานโดยให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้มีส่วนในการคิดวิเคราะห์ว่าอะไรเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขหรือพัฒนา ในการเริ่มต้นจะเน้นการตัดสินใจร่วมกันบนพื้นฐานความเป็นไปได้

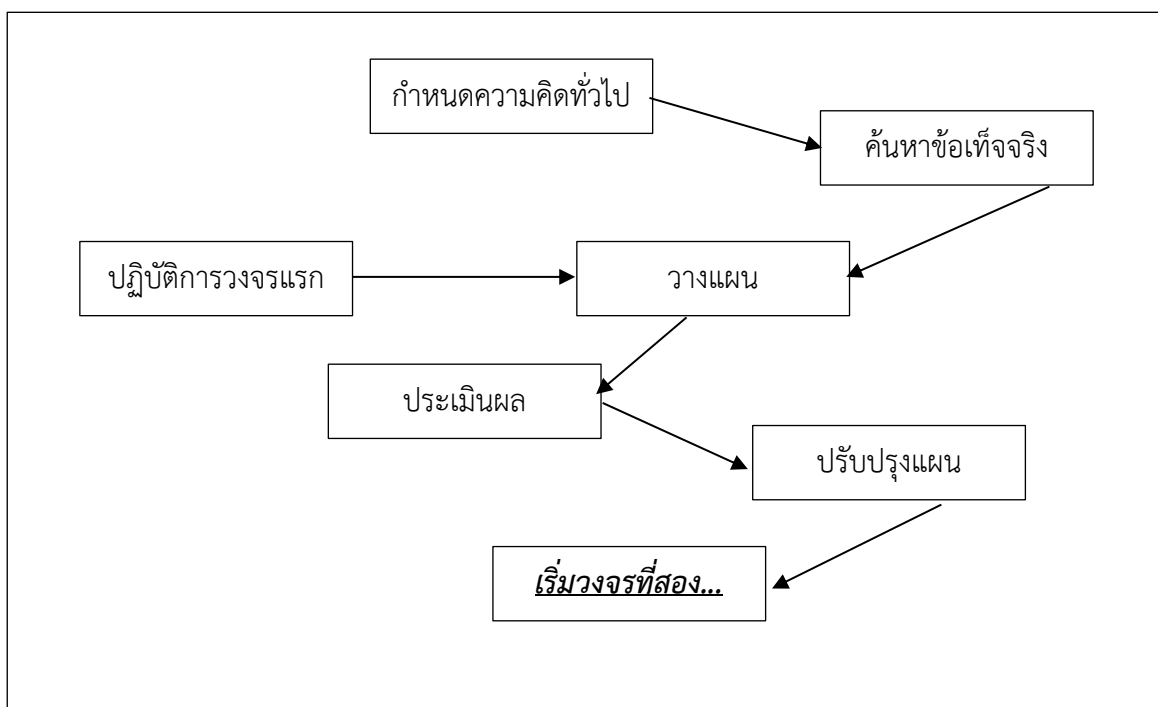
ขั้นที่ 2 ตรวจตราหรือค้นหาข้อเท็จจริง (reconnaissance or fact finding) เป็นการตรวจสอบเพื่อความรอบคอบให้ทราบข้อเท็จจริงของปัญหาอันจะนำไปสู่การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 การวางแผน (planning) โดยผู้วิจัยต้องพิจารณาอย่างรอบคอบว่าวิธีการนั้นสามารถปฏิบัติได้จริง จากนั้นจึงวางแผนในการปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 ปฏิบัติการในวงจรแรก (take first step) เป็นการเริ่มต้นดำเนินการเพื่อแก้ไขปรับปรุงการทำงาน ซึ่งเมื่อดำเนินการผู้วิจัยจะได้รับข้อมูล ข้อเท็จจริงใหม่ เพื่ออธิบายและประเมินผลการปฏิบัติในขั้นต่อไป

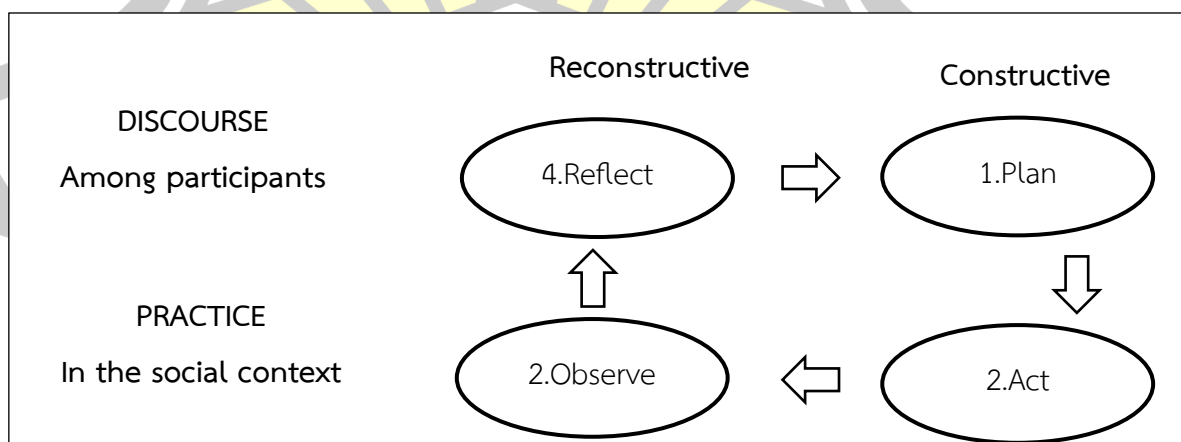
ขั้นที่ 5 การประเมินผล (evaluate) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติงาน และประเมินผลการปฏิบัติในขั้นนี้กลุ่มเป้าหมายและผู้ร่วมวิจัยทุกคนต้องมีการสะท้อนกลับข้อมูลที่น่าสนใจอย่างชัดเจน เพื่อจะนำ ข้อมูลสารสนเทศมาปรับปรุงแผนปฏิบัติในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงแผน (mended plan) ปรับปรุงแผนเพื่อจะนำไปวางแผนปฏิบัติในขั้นต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5 วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kurt Lewin



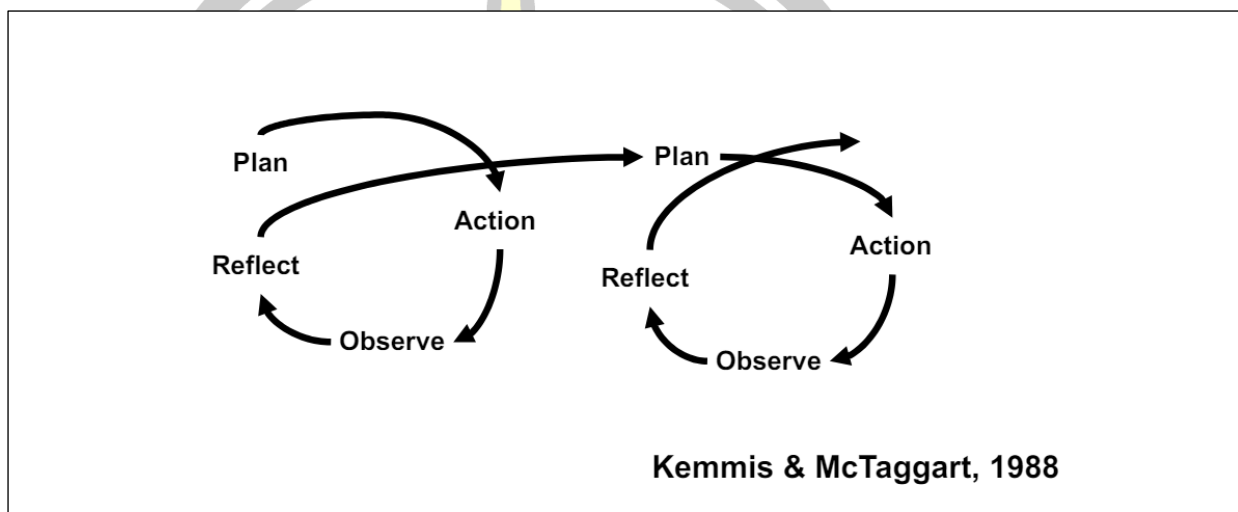
ภาพที่ 5 วงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kurt Lewin

รูปแบบวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Carr and Kemmis ในปี 1986 Carr, W. และ Kemmis, S. (1986) ได้นำเสนอวงจร P-A-O-R สำหรับการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็น วงจรการวิจัยต่อเนื่องกันไป ลักษณะการดำเนินงานของวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะเริ่มต้นจากวงจร การวิจัยที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการวางแผน (P) ขั้นตอนปฏิบัติการ (A) ขั้นตอน การสังเกต (O) และขั้นตอนการสะท้อนผล (R) เป็นวงจรจนกว่าปัญหาได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ตามเป้าหมายที่นักวิจัยต้องการ ตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 รูปแบบวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Carr, W. และ Kemmis, S.

ต่อมา Kemmis (1988) ได้ปรับและนำเสนอวงจร P-A-O-R สำหรับการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นวงจรการวิจัยต่อเนื่องกันไป ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการวางแผน (P) ขั้นตอนปฏิบัติการ (A) ขั้นตอนการสังเกต (O) และการคิดสะท้อน (R) จากนั้นจะเริ่มเข้าวงจรการวิจัยที่ 2 สืบเนื่อง ต่อกันไปจนกว่าปัญหาได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น ตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 วงจร P-A-O-R สำหรับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ Kemmis & McTaggart

แนวคิดของ Kemmis ในแต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจ ดังนี้ Kemmis (1988)

1) การวางแผน (plan) เริ่มต้นด้วยสำรวจปัญหาร่วมกันระหว่างบุคคลภายในโรงเรียน เพื่อให้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการแก้ไขตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหานั้นเกี่ยวกับลักษณะของปัญหาเกี่ยวข้องกับใคร การกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติตามแผน ภายใต้การมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องหรือจากการศึกษาถึงเหตุการณ์ในอดีตของผู้วางแผนปฏิบัติ ภายใต้การตระหนักถึงปัจจัยสนับสนุนหรือขัดขวางความสำเร็จในการปฏิบัติ โดยคำนึงถึงความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการปฏิบัติ

2) การปฏิบัติ (act) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนมาดำเนินการอย่างระมัดระวัง ในการปฏิบัติจริงอาจมีเหตุการณ์ที่ทำให้การปฏิบัติไม่เป็นไปตามแผน จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์วิจารณ์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันของทีมงานประกอบไปด้วยเพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงแผน ฉะนั้นแผน ที่กำหนดควรจะต้องมีความยืดหยุ่น เปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขปัจจัยที่เป็นจริงในขณะนั้น การปฏิบัติที่ดีจะต้องมีการดำเนินการต่อเนื่อง

เป็นระบบภายใต้ดุลยพินิจการตัดสินใจว่าสิ่งใดควรดำเนินการตามแผน สิ่งใดควรปรับเปลี่ยน ซึ่งในการปฏิบัติอาจเกิดสมมติฐานชั่วคราว (working hypothesis) เกิดขึ้นได้ ซึ่งสมมติฐานดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อเวลาผ่านไป

3) การสังเกต (observe) เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบ ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นอาจเป็นสิ่งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือการเก็บข้อมูลเข้าช่วยตลอดจนการสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุน ปัจจัยขัดขวางการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ โดยการสังเกตที่ดีจะต้อง มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าโดยมีขอบเขตไม่กว้างหรือแคบจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการสะท้อนกลับผลการปฏิบัติงานวิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องมีความยืดหยุ่นไวต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งจะรับรู้และเข้าใจ

4) การสะท้อนผล (reflect) คือ การประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา หรือสิ่งที่ เป็น ข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้วิจัยร่วมกับกลุ่มผู้เกี่ยวข้องจะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ใช้การคิดไตร่ตรองในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยใคร่ครวญ ถึงความสัมพันธ์กับสภาพของสังคมและสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน และของระบบการศึกษาที่ประกอบอยู่อยู่โดยผ่านการถกอภิปรายปัญหา การประเมินโดยกลุ่มจะทำให้ได้แนวทางของการพัฒนาการดำเนินกิจกรรมและเป็นข้อมูลที่น่าไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนการปฏิบัติในวงจรต่อไป

หลักการสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่ต้องตระหนักอยู่เสมอ คือกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องมีความสำคัญต่อกระบวนการดำเนินการวิจัย นั่นคือ การวิจัยชนิดนี้ไม่ควรจะทำตามลำพัง และควรใช้วงจรของกระบวนการวิจัยซึ่งประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล เพื่อนำมาปรับปรุงแผนงาน (revised plan) แล้วดำเนินกิจกรรมที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งวงจรของ 4 ขั้นตอนดังกล่าวจะมีลักษณะการดำเนินการเป็นบันไดเวียน (spiral) กระทำซ้ำตามวงจนกว่าจะได้ผลการปฏิบัติการตามจุดมุ่งหมาย

จากที่กล่าวถึงรูปแบบวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่าในแต่ละรูปแบบจะมีจุดเน้นที่ให้ความสำคัญ และรายละเอียดของขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยที่แตกต่างกันออกไป แต่สิ่งที่เหมือนกันในทุกรูปแบบคือ การใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงาน โดยมีการดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อจุดมุ่งหมายสำคัญคือการพัฒนาหรือปรับปรุงการปฏิบัติงานและคุณภาพงานให้ดียิ่งขึ้น

ในวงการการศึกษา รูปแบบของวงจรวิจัยเชิงปฏิบัติการที่นิยมนำไปใช้ คือรูปแบบของ Kemmis (1988) ที่ได้นำเสนอวงจร P-A-O-R สำหรับการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นวงจรการวิจัยต่อเนื่องกันไปเนื่องจากไม่ซับซ้อนและจดจำรูปแบบได้ง่าย ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ ขั้นการวางแผน (P) ขั้นปฏิบัติการ (A) ขั้นการสังเกต (O) และขั้นการคิดสะท้อนผล (R)

จากนั้นจะเริ่มเข้าวงจรการวิจัยที่ 2 สืบเนื่องต่อกันไปจนกว่าปัญหาได้รับการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ตามเป้าหมายที่นักวิจัยต้องการ

โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kemmis (1988) เนื่องจากวงจรการวิจัยต่อเนื่องกันไปเนื่องจากไม่ซับซ้อนและจดจำรูปแบบได้ง่าย เหมาะกับบริบทโรงเรียนที่ต้องการทำการการศึกษา

บริบทของโรงเรียน

7.1 บริบทของห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

ห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหาร เป็นห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์แบบปกติที่มีนักเรียนทั้งหมด 24 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 9 คน และนักเรียนหญิง 15 คน นักเรียนส่วนใหญ่มีความเอาใจใส่ในการเรียน มีความใฝ่รู้ และมีความรับผิดชอบต่อนหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย โดยในรายวิชาฟิสิกส์ ได้รับการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 60 ชั่วโมงต่อเทอม หรือ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ห้องเรียนเป็นลักษณะห้องทดลอง มีโต๊ะและเก้าอี้จัดวางในรูปแบบโต๊ะละ 6 ที่นั่ง จำนวน 4 โต๊ะ รวมเป็น 24 ที่นั่ง นักเรียนส่วนใหญ่นั่งตามกลุ่มเพื่อนที่สนิท และมักจะนั่งที่เดิมทุกครั้ง ภายในห้องเรียนมีอุปกรณ์ประกอบการสอน เช่น กระดานไวท์บอร์ดและโปรเจคเตอร์ 1 เครื่อง พร้อมโต๊ะครูที่ตั้งอยู่ด้านหน้ากระดาน การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่เป็นการบรรยายเนื้อหาและฝึกทำโจทย์ปัญหาเป็นหลัก มีการจัดกิจกรรมกลุ่มเป็นบางโอกาส แต่ยังขาดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ นักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะการเรียนรู้ที่เน้นการจดจำและการทำแบบฝึกหัดตามตัวอย่าง มากกว่าการคิดวิเคราะห์เชิงลึก อีกทั้งนิยมการเรียนการสอนที่ครูอธิบายอย่างเป็นขั้นตอน มีแบบฝึกหัดให้ฝึกซ้ำ และมีคำตอบที่แน่นอน มากกว่าการเรียนรู้ที่เน้นการค้นคว้า ทดลอง หรือแก้ปัญหาเชิงสถานการณ์จริง เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการเรียนรู้ที่ควรเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง พบว่าการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะเหล่านี้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้เต็มศักยภาพ ดังปรากฏจากผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้แบบทดสอบตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ละ 5 ข้อ ข้อละ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ พบว่า นักเรียนจำนวน 17 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 70.84 มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

สุจิตรา การพิสมัย (2558) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานให้นักเรียนจำนวนร้อยละ 70 มีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ให้นักเรียนจำนวนร้อยละ 70 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทย์ - คณิต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนร่มเกล้าพิทยาสรรค์ อำเภอนิคมน้ำอ้อม จังหวัดมุกดาหาร จำนวน 30 คน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 9 แผน 2) เครื่องมือสะท้อนผลการวิจัยได้แก่ แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการสอนของผู้วิจัย แบบสัมภาษณ์นักเรียน แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร 3) เครื่องมือประเมินผลการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณนักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 และนักเรียนทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 65.43 ผลการวิจัยไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อวิเคราะห์คะแนนเป็นรายด้านพบว่าด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น และด้านความมั่นใจนักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 77.17, 73.33 และ 70.00 ตามลำดับ ส่วนด้านการนิรนัย ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 49.33 และ 57.83 2) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่านักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 และนักเรียนทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70.56 ผลการวิจัยผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้านพบว่า นักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทุกด้าน โดยด้านความสามารถในการระบุปัญหามีคะแนนมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 71.83

อาทิตยา คำมามุง (2560) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี เปรียบเทียบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2560 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 2 ห้อง รวม 63 คน ที่ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ผ่านปฏิบัติการเคมี นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้เข้าใจเนื้อหาวิชาได้ดีขึ้น ส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

พิทพนธ์ พัทธ์ (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยเป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 2) เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) หลักการของรูปแบบการสอน 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน 3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน ได้แก่ 3.1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหาโดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E (Physics-Technology-Physics and Mathematics-Engineering) 3.2) ขั้นตอนการสอนประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงาน และ 4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน และ 2) ผลการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัยวัฒน์ วรรณโร (2561) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยาต่อการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของเคมีสและแมกแทกการ์ดที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ วางแผนปฏิบัติการ สังเกตการณ์ และสะท้อนผล โดยมีกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย สตูล ที่ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง สำหรับเครื่องมือการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจำนวน 3 แผนแบบบันทึกการศึกษาค้นคว้าและคำตอบของปัญหา และแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัย

พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวโน้มพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในกลุ่มเป้าหมายได้ เมื่อพิจารณาจากคะแนนแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับหลังเรียนของกลุ่มเป้าหมายที่สูงกว่าฉบับก่อนเรียนและสูงกว่าฉบับหลังเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัฐ เนาว์ช้าง (2562) ได้ทำการศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน และ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน ใน 1 ห้องเรียนของโรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนที่เรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน มีความสัมพันธ์กันในทางบวก และมีขนาดของความสัมพันธ์เท่ากับ 0.62

สุตารัตน์ สันจรรัตน์ (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้การจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับผังกราฟิก ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน

(PBL)ร่วมกับผังกราฟิก ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป และ 3) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับผังกราฟิก ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศรีหนองขาววิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 25 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ห้อง จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับผังกราฟิกของนักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ร้อยละ 86.96 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ประเมินร้อยละ 92.86

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์ (2564) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ 3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและเชิงปริมาณโดยใช้คะแนนร้อยละ ผลการวิจัยพบว่าข้อมูลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดีเมื่อผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

Lou, et al. (2011) ได้ทำการสำรวจผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ต่อทัศนคติของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในไต้หวัน ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อให้แต่ละกลุ่มทำการประกวดรถแข่งไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาจากนั้น ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักฐาน ได้แก่ การบ้าน รายงานการทดลอง และการสังเกตจากเทปบันทึกในระหว่างดำเนินการวิจัย อีกทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอย่างไม่เป็นทางการจากเนื้อหาการ

อภิปรายของแต่ละกลุ่มและชิ้นงานของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหา หลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group interview) แบบกึ่งโครงสร้างกับอาสาสมัครจาก 5 กลุ่มที่มีคะแนนสูงสุด เพื่อประเมินถึงวิธีการนำ ความรู้สะเต็มศึกษาไปใช้ของกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหาเช่นกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้ และมีประโยชน์ต่อการเลือกประกอบอาชีพในอนาคต 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนให้แก้ปัญหาต่างๆ ที่ละขั้นตอนและ นำไปสู่ความสำเร็จในการประกวด ส่งผลให้นักเรียนได้สัมผัสกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาอย่างแท้จริง 3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา ไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และ 4) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มความสามารถ และประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

Nurazmi (2021) ได้ทำการศึกษาโมเดลการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM-Problem Based ที่มีผลกระทบต่อความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ระดับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังจากการใช้โมเดลการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM-Problem-based Learning 2) ระดับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังจากการใช้โมเดลการเรียนรู้แบบดั้งเดิม และ 3) ความแตกต่างระหว่างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในการแก้ปัญหาฟิสิกส์เมื่อสอนด้วยโมเดลการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM-PBL และโมเดลการเรียนรู้แบบดั้งเดิม โดยงานวิจัยนี้เป็น การวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 10 MIA 1 และ MIA 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาประจำจังหวัดตากาลาร์ จำนวน 35 คน จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในชั้นเรียนที่ทดลองสอนโดยใช้โมเดลการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM-Problem-Based Learning มีคะแนนอยู่ในระดับสูง (71.43%) ในขณะที่ที่เหลือ (28.57%) มีคะแนนอยู่ในระดับสูงมาก ในชั้นเรียนควบคุมที่สอนโดยใช้การเรียนการสอนแบบดั้งเดิม คะแนนของนักเรียนเกือบทั้งหมด (82.86%) อยู่ในระดับปานกลาง และที่เหลือ (17.14%) ได้คะแนนสูง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้โมเดล STEM-PBL แบบบูรณาการและโมเดลการเรียนรู้แบบดั้งเดิม

Cahyani, et al. (2022) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เรื่อง คลื่นเสียง โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียน

มัธยมปลาย โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ด้วยรูปแบบการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งดำเนินการด้วยคะแนน 91.11% และ 92.85% ในการประเมินครั้งแรกและการประเมินครั้งที่สอง ตามลำดับ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) มีผลต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเกี่ยวกับวัสดุคลื่นเสียงถึง 81.27% การตอบสนองของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) กับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85.90 อยู่ในระดับดีมาก

Irfan Topsakal (2022) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการศึกษาด้าน STEM โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ต่อการรับรู้ของนักเรียนมัธยมต้นเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาและแนวโน้มการคิดเชิงวิพากษ์ของพวกเขา กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียน 81 คน ใช้วิธีการแบบผสมในการวิจัย โดยเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ "มาตราส่วนแนวโน้มการคิดเชิงวิพากษ์" และ "มาตราส่วนการรับรู้ทักษะการแก้ปัญหา" เครื่องมือเชิงคุณภาพ ได้แก่ แบบฟอร์มสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างและบันทึกประสบการณ์ที่พัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยโดยพิจารณาจากมาตราส่วนเชิงปริมาณ ในขณะที่ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการวิจัยถูกวิเคราะห์ด้วยวิธี ANOVA แบบทางเดียว ข้อมูลเชิงคุณภาพถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา เมื่อสิ้นสุดการวิจัย พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลองในด้านการรับรู้ทักษะการแก้ปัญหาและแนวโน้มการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียน ในทางกลับกัน ในผลการวิจัยเชิงคุณภาพ พบว่า การศึกษาที่เน้นปัญหาใน STEM มีผลกระทบเชิงบวกต่อความเป็นผู้ใหญ่ทางปัญญาและความคิดสร้างสรรค์ในความรู้สึก ความคิด และพฤติกรรมของนักเรียน สรุปได้ว่านักเรียนใช้ความรู้ข้ามสาขาวิชาเกี่ยวกับกิจกรรม STEM ที่เน้นปัญหา พบว่าการแก้ปัญหา การเข้าใจปัญหา และการทำงานกับเพื่อน ๆ เป็นไปในทางที่ดี จากผลการวิจัยสามารถกล่าวได้ว่าการศึกษาด้าน STEM มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาทักษะที่คาดหวังจากบุคคลในศตวรรษที่ 21 เช่น การแก้ปัญหา การคิดเชิงวิพากษ์ และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

Suciana, et al. (2023) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์เมตา: ผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวัตถุประสงค์ คือ กำหนดผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งการศึกษานี้ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่จากการศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิจัยนี้ใช้วิธีการทบทวนอย่างเป็นระบบด้วยเทคนิคเชิงปริมาณ (meta-analysis). ผลการศึกษาก่อนหน้านี้ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งได้เผยแพร่ในวารสารได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เมตา ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมโดยใช้เครื่องมือในรูปแบบของ

แผ่นรหัสการวิเคราะห์เชิงพาณิชย์ มีบทความที่ถูกวิเคราะห์จำนวน 21 บทความ เทคนิคที่ใช้คือการวัดค่าขนาดของผลกระทบจากผลการทดลองในบทความวิจัยเหล่านี้ จากผลการวิจัย พบว่า การเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สิ่งนี้สามารถเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของขนาดผลที่มีค่า 1.28 ซึ่งอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ยังทราบว่า การเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM ยังมีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านระดับการศึกษา (ระดับประถมศึกษา, ระดับมัธยมศึกษา, ระดับมัธยมศึกษา หรือระดับมหาวิทยาลัย) และวิชา (คณิตศาสตร์, เคมี, ฟิสิกส์, ชีววิทยา, วิทยาศาสตร์สำหรับระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา) จากการวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับ STEM มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระดับการศึกษาต่าง ๆ และวิชาต่าง ๆ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลการวิจัยที่ชี้ชัดว่าสามารถที่จะพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนและบูรณาการศาสตร์ของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาช่วยในการแก้ปัญหาและส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งเป็นจุดเสริมสร้างการสอนที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความเชื่อมั่นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในวิจัยครั้งนี้ได้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยกำหนดวิธีดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน ซึ่งเป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบในการจัดการเรียนการสอน โดยคัดเลือกการนำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่หัตสนัส เพ็งสันเทียะ (2563) ได้สร้างขึ้นซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีลักษณะเป็นสถานการณ์จำนวน 4 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามที่สร้างขึ้นตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) สถานการณ์ละ 5 ข้อ ข้อละ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 24 คน พบว่านักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.84 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 70.84 จากนักเรียนทั้งหมด 24 คน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

นักเรียน คนที่	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					คะแนน รวม (20)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ด้านที่ 1 การสรุป อ้างอิง (4)	ด้านที่ 2 การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (4)	ด้าน ที่ 3 การ นิรนัย (4)	ด้านที่ 4 การ ตีความ (4)	ด้านที่ 5 การ ประเมิน ข้อ โต้แย้ง (4)			
1	3	2	3	3	3	14	70	ผ่าน
2	2	1	3	2	1	9	45	ไม่ผ่าน
3	0	2	1	2	2	7	35	ไม่ผ่าน
4	3	2	2	2	2	11	55	ไม่ผ่าน
5	2	0	2	1	3	8	40	ไม่ผ่าน
6	3	4	2	4	2	15	75	ผ่าน
7	3	4	3	2	3	15	75	ผ่าน
8	2	2	1	3	3	11	55	ไม่ผ่าน
9	4	3	2	3	2	14	70	ผ่าน
10	2	0	3	3	2	10	50	ไม่ผ่าน
11	3	3	3	3	2	14	70	ผ่าน
12	1	1	2	2	2	8	40	ไม่ผ่าน
13	1	0	1	2	3	7	35	ไม่ผ่าน
14	2	2	2	3	2	11	55	ไม่ผ่าน
15	3	2	2	2	2	11	55	ไม่ผ่าน
16	2	2	3	3	2	12	60	ไม่ผ่าน
17	1	1	2	2	3	9	45	ไม่ผ่าน
18	2	2	1	2	3	10	50	ไม่ผ่าน
19	2	3	2	1	3	11	55	ไม่ผ่าน
20	2	1	2	2	2	9	45	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (ต่อ)

นักเรียน คนที่	องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					คะแนน รวม (20)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ด้านที่ 1 การสรุป อ้างอิง (4)	ด้านที่ 2 การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (4)	ด้าน ที่ 3 การ นิรนัย (4)	ด้านที่ 4 การ ตีความ (4)	ด้านที่ 5 การ ประเมิน ข้อ โต้แย้ง (4)			
21	2	3	2	2	2	11	55	ไม่ผ่าน
22	3	3	3	3	3	15	75	ผ่าน
23	2	2	3	4	3	14	70	ผ่าน
24	2	1	2	3	2	10	50	ไม่ผ่าน
รวม	52	46	52	59	57	266	1330	
เฉลี่ย	2.17	1.92	2.17	2.46	2.38	11.08	55.42	
ร้อยละ	75	50	75	75	75	55.42	55.42	
S.D.	0.85	1.11	0.69	0.76	0.56	2.50	12.49	
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์								7 คน

จากตารางที่ 1 พบว่ามีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งหมด 7 คน คิดเป็นร้อยละ 29.17 ของนักเรียนทั้งหมด และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งหมด 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ของนักเรียนทั้งหมด โดยนักเรียนจำนวน 17 คนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้ผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ซึ่งคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.08 คิดเป็นร้อยละ 55.42

รูปแบบของการวิจัย

รูปแบบของการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kemmis ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นวางแผน (Plan)** เป็นขั้นที่ครุคิดใคร่ครวญถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว

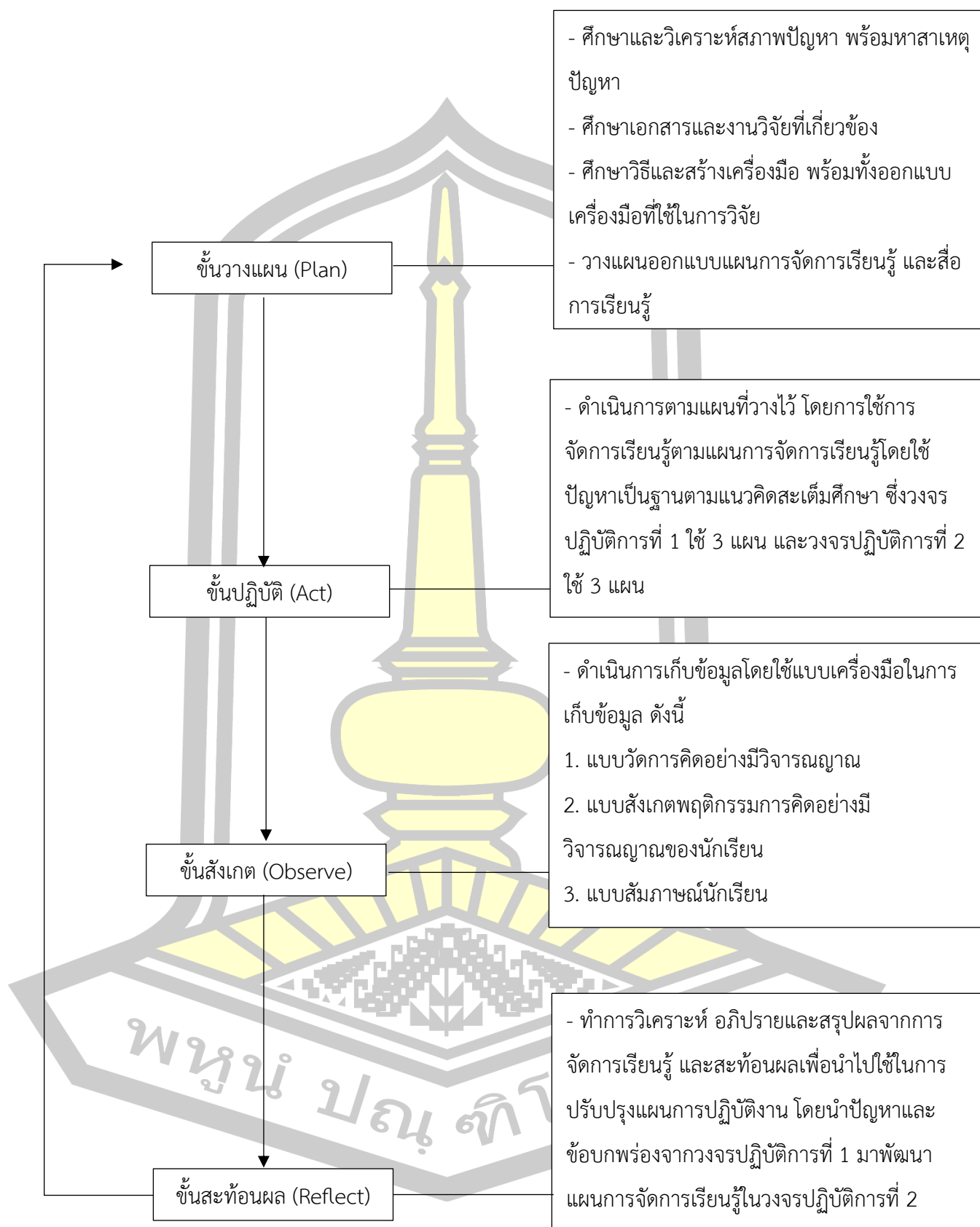
2) **ขั้นปฏิบัติ (Act)** ครุนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3) **ขั้นสังเกต (Observe)** ครุตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครุจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัย โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าแนวทางปฏิบัติใดดีที่สุด

4) **ขั้นสะท้อนผล (Reflect)** ครุนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาระดมสมองกับเพื่อนร่วมงาน และสะท้อนตนเอง เพื่อพิจารณาว่าครุสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และควรปรับแนวทางปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนของวงจรต่อไป

โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยทั้งหมด 2 วงจรปฏิบัติการ เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลของวงจรปฏิบัติการที่ 1 เสร็จแล้ว ผลจากการสะท้อนจะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการปฏิบัติงานในวงจรครั้งถัดไป ดำเนินการเช่นนี้ไปอย่างต่อเนื่องซ้ำกันเป็นวงจร เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น





ภาพที่ 8 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งาน และพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 12 ชั่วโมง แบ่งเป็น 6 แผน

1) วงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานและกำลัง	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พลังงาน	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 งานและพลังงานจลน์	จำนวน 2 คาบ

2) วงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 งานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 กฎการอนุรักษ์พลังงาน	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เครื่องกล	จำนวน 2 คาบ

3.2 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำนวน 2 ชุด ชุดละ 5 สถานการณ์ เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน 5 ด้าน ตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) คือ การสรุปอ้างอิง การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้ง โดยแบบทดสอบชุดที่ 1 คะแนนเต็ม 80 คะแนน ใช้ทดสอบหลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 และแบบทดสอบชุดที่ 2 คะแนนเต็ม 80 คะแนน ใช้ทดสอบหลังวงจรปฏิบัติการที่ 2

3.3 แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน เป็นแบบสังเกตที่ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวงจร เพื่อนำผลการสังเกตมาอธิบายถึงวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.4 แบบสัมภาษณ์นักเรียนมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะนำไปพัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การสร้างเครื่องมือการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย มุกดาหาร

2) ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญและผลการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาในการวิจัย หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง งานและพลังงาน วิชา ฟิสิกส์ เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง

3) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามคิตทางสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง และเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และการวัดประเมินผล โดยอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2



ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้รวมปฏิบัติการที่ 1

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ ปัญหา	สะเต็มศึกษา				จำนวน ชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)	
1.งาน และ กำลัง	งาน (work) จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการกระจัด (การกระจัดไม่เท่ากับศูนย์) โดยปริมาณงานที่ทำจะขึ้นกับแรงและการกระจัด มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N.m) หรือเรียกว่า จูล (Joule) “J” กำลัง (power) คือ อัตราการทำงานหรืองานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปความหมายกำลังจากนิยามจะหมายถึงกำลังเฉลี่ย มีหน่วยเป็น จูล/วินาที (J/s) หรือเรียกว่า วัตต์ (Watt) “W”	1) อธิบายความหมายของงานและกำลังได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ 3) นักเรียนสามารถคำนวณทั้งปริมาณงานที่ทำและกำลังเฉลี่ยได้ 4) มุ่งมั่นในการทำงาน	โรงเรียนจัดงานแข่งเลื่อนกล่องที่บรรจุหนังสือหนัก 10 กิโลกรัมบนพื้นเรียบในห้องเรียน โดยมีระยะทางรวมที่เลื่อนได้ 5 เมตร นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องทดลองใช้แรงในระดับที่ต่างกัน (แรงที่เน้นพื้นแนวราบ) และจับเวลาเพื่อคำนวณทั้งปริมาณงานที่ทำและกำลังเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละครั้ง	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์-งาน-กำลัง	เครื่องมือในการจับเวลาหรือแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อจับเวลาที่แม่นยำในการทดลองแต่ละครั้ง	การออกแบบแผนการทดลองเพื่อหาวิธีการดึงหรือเลื่อนวัตถุให้เกิดการกระจัดตามที่ต้องการ	การใช้สูตรในการคำนวณงานและกำลัง	2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้จากปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สะเต็มศึกษา				จำนวน ชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)	
2.พลังงาน	พลังงาน (Energy) เป็นสมบัติอย่างหนึ่งของระบบที่บ่งถึงขีดความสามารถในการทำงาน พลังงานของวัตถุจึงวัดได้จากงานของวัตถุที่ทำ พลังงานมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น พลังงานกล พลังงานเคมี พลังงานไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานแรงแม่เหล็ก เป็นต้น	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของพลังงานได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบระบบที่ประหยัดพลังงานได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบและมุ่งมั่นในการทำงาน	ในชุมชนแห่งหนึ่ง มีการใช้พลังงานหลากหลายรูปแบบ ในการดำเนินชีวิต เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า พลังงานกลในการทำงาน หรือพลังงานเคมีในแบตเตอรี่เพื่อจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ชุมชนต้องการแนวทางที่ช่วยลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกิจกรรมประจำวัน ทีมงานจึงได้รับมอบหมายให้ศึกษารูปแบบการใช้พลังงานในชุมชน และออกแบบโซลูชันที่ช่วยประหยัดพลังงาน	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์-พลังงาน	ใช้เทคโนโลยีที่ช่วยในการออกแบบและช่วยลดการใช้พลังงาน	ออกแบบระบบที่ประหยัดพลังงาน	การใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง	2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้รวมปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สะเต็มศึกษา				จำนวน ชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)	
3.งานและ พลังงาน จลน์	งานที่ให้แก่วัตถุสามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้ เป็นพลังงานจลน์ที่เปลี่ยนแปลงของวัตถุ และถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ ให้พลังงานจลน์เปลี่ยนไปค่าของงาน คือ งานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	1) นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ 3) นักเรียนมีวินัย มุ่งมั่นในการทำงาน	โรงเรียนแห่งหนึ่งจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการพื้นฐานของฟิสิกส์เกี่ยวกับพลังงานและงานในระบบเคลื่อนที่ โดยให้นักเรียนวิเคราะห์พลังงานที่เปลี่ยนแปลงและงานที่เกิดขึ้นของรถยนต์ที่เคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงที่ นักเรียนต้องออกแบบการทดลองหรือแบบจำลองเพื่อตอบคำถามนี้ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและงาน	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์-งาน -พลังงานจลน์	การใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยมาช่วยในการทดลอง โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร็วและความเร่งเพื่อวิเคราะห์พลังงานและงานที่เกิดขึ้น	การออกแบบการทดลอง	การใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง	2

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ปฏิบัติการที่ 2

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สะเต็มศึกษา				จำนวน ชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)	
4.งานและ พลังงาน ศักย์	งานสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ในเมฆได้โดยงานที่ไซกัหวัดให้สูงจึงมีค่าเท่ากับพลังงานศักย์ในเมฆซึ่งเปลี่ยนไปหรือออกจากตัวพลังงานศักย์ในเมฆสามารถเปลี่ยนรูปเป็นงานของวัตถุได้	1) นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานศักย์ได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ออกแบบการทดลองได้ 3) นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	โรงเรียนแห่งหนึ่งจัดการแข่งขันจำลองที่ต้องเคลื่อนที่ขึ้น-ลงบนพื้นเอียงที่มีมุมต่างกัน โดยนักเรียนจะต้องออกแบบและวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงมุมของพื้นเอียงต่อพลังงานของรถยนต์ เพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของพลังงานศักย์ และแรงที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์-งาน-พลังงานศักย์	รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	การออกแบบการทดลอง	การใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง	2

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ ปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สะเต็มศึกษา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)	
5.กฎการอนุรักษ์พลังงาน อนุรักษ์พลังงาน	กฎการอนุรักษ์พลังงาน (law of conservation of energy) กล่าวว่า พลังงานและงานรวมของระบบจะไม่สูญหาย แต่อาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานหรืองานรูปร่างอื่นได้ เช่น การตกแบบเสรีของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยไม่มีแรงอื่นใดมากระทำพลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดๆ ย่อมมีค่าคงที่เสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล	1) นักเรียนสามารถอธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ในงานเทศกาลประจำปีของชุมชน มีแนวคิดที่จะเพิ่มความสนุกสนานและดึงดูดผู้เข้าร่วมงานด้วยกิจกรรมบนจิงโม่จำลองสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ เพื่อความปลอดภัยและความเหมาะสม กิจกรรมนี้ต้องใช้แบบจำลองที่สามารถแสดงหลักการของบันไดจิงโม่ แต่ไม่ใช้การกระโดดจากที่สูงจริง ทีมงานจึงต้องออกแบบระบบที่ให้ความรู้สึกลักษณะการเล่นบนจิงโม่ได้อย่างคงความปลอดภัยสูงสุด	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์-พลังงานกล-พลังงานศักย์-พลังงานจลน์	รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	การออกแบบชิ้นงาน	การใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง	2

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระ	จุดประสงค์การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สะเต็มศึกษา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)	
6. เครื่องกล	เครื่องกล (machine) คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงหรือช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน โดยเครื่องกลอย่างง่าย (simple machine) มี 6 ประเภท ได้แก่ รอก (pulley) คัน (lever) ล้อกับเพลา (wheel and axle) พื้นเอียง (inclined plane) สกรู (screw) และลิ้ม (wedge) โดยนำหลักการของงาน พลังงาน และกำลัง มาอธิบายการทำงานของเครื่องกลเหล่านี้	1) นักเรียนสามารถอธิบายหลักการการทำงานของเครื่องกล การได้เปรียบเชิงกล และประสิทธิภาพเชิงกลได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	ในหมู่บ้านชนบทแห่งหนึ่งชาวบ้านต้องใช้น้ำจากบ่อน้ำสำหรับอุปโภคและเกษตรกรรม แต่การดึงน้ำขึ้นมาจากบ่อน้ำใช้วิธีดั้งเดิม เช่น การใช้ถังหรือปั๊บบึงน้ำ ซึ่งสิ้นเปลืองแรงงานและเวลา โดยเฉพาะในช่วงหน้าแล้งที่น้ำในบ่อมีระดับต่ำลง ทีมงานจึงได้รับมอบหมายให้คิดค้นระบบที่ช่วยการดึงน้ำจากบ่อน้ำประสิทธิภาพ ใช้แรงงานน้อยลง และตอบสนองความต้องการของชุมชนได้	-พลังงานกล -ประสิทธิภาพของเครื่องกล	รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	การออกแบบชิ้นงาน	การใช้สูตรในการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้อง	2

6) ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยคำแนะนำอาจารย์ให้ปรับแก้คำให้ถูกต้อง

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงและแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 ท่าน ดังต่อไปนี้

7.1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วิทยา วรพันธุ์ ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

7.2) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ อ.ดร.ณัฐกานต์ กาญจนะ ปร.ด. (ฟิสิกส์) สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.อีสาน วข. สุรินทร์

7.3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อ.ดร. สาวิตรี ราญมีชัย ปร.ด. (คณิตศาสตร์) ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

7.4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบูรณาการกับสะเต็มศึกษา นายธีระวุฒิ จันทะพันธ์ วท.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา (ชีววิทยาสำหรับครู) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร

7.5) ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นาย วุฒิพงศ์ ประทุมมา วท.ม. การวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร

โดยใช้แบบประเมินที่สร้างเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

8) นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนที ผ่านการประเมินและให้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว คำนวณหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546)

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

โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้ต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 5.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2546) ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนแสดงได้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนที่	เรื่อง	ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
1	งานและกำลัง	4.20	มาก
2	พลังงาน	4.50	มาก
3	งานและพลังงานจลน์	4.20	มาก
4	งานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง	5.00	มากที่สุด
5	กฎการอนุรักษ์พลังงาน	3.60	มาก
6	เครื่องกล	3.60	มาก

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.1) เรียบเรียงเนื้อหาให้อ่านง่ายขึ้น

8.2) ตรวจสอบเวลาในการทำกิจกรรมให้มีความเหมาะสมตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดเนื่องจากถ้านักเรียนยังไม่ค่อยเคยอาจใช้เวลาในการทำกิจกรรมนาน

9) ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้มาตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยการเรียบเรียงเนื้อหาให้อ่านง่ายขึ้นและตรวจสอบเวลาในการทำกิจกรรมให้มีความเหมาะสมตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดเนื่องจากถ้านักเรียนยังไม่ค่อยเคยอาจใช้เวลาในการทำกิจกรรมนาน จากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

10) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงและแก้ไขสมบูรณ์แล้วไปใช้จริงกับนักเรียน

4.2) แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง ใช้ทดสอบหลังจากสิ้นสุดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ใช้ในการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนว่าเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยเกณฑ์การประเมินสร้างขึ้นโดยผู้วิจัย ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการในการสร้างดังนี้

1) ศึกษาค้นคว้างานวิจัย และศึกษาแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยยึดหลักตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) เป็นหลักสำหรับการสร้างแบบทดสอบ

2) วิเคราะห์องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะของแต่ละองค์ประกอบ โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) ซึ่งวัดองค์ประกอบย่อย 5 ด้าน ได้แก่ การสรุปอ้างอิง การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความ และการประเมินข้อโต้แย้ง

3) วิเคราะห์ข้อสอบตามองค์ประกอบที่ต้องการวัดแล้วกำหนดอัตราส่วนจำนวนข้อสอบให้เหมาะสมกับระยะเวลา โดยพิจารณาถึงองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) กับจำนวนสถานการณ์แต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson & Glaser กับจำนวนสถานการณ์แต่ละวงจรปฏิบัติการ

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2	
	จำนวนสถานการณ์ที่สร้าง	จำนวนสถานการณ์ที่ใช้	จำนวนสถานการณ์ที่สร้าง	จำนวนสถานการณ์ที่ใช้
การสรุปอ้างอิง	5	4	5	4
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	5	4	5	4
การนิรนัย	5	4	5	4
การตีความ	5	4	5	4
การประเมินข้อโต้แย้ง	5	4	5	4
รวม	25	20	25	20

4) สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 10 สถานการณ์ ต้องการใช้จริง 8 สถานการณ์ (เพื่อเลือกไว้ 20%) ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามที่สร้างขึ้นตามองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) โดยสถานการณ์ละ 5 ข้อ อิงเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็นวงจรละ 4 สถานการณ์ (20 ข้อ) โดยเกณฑ์การประเมินแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

รายการ การประเมิน	ระดับคะแนน/คำอธิบายเกณฑ์			
	4	3	2	1
การสรุปอ้างอิง	สามารถสรุปประเด็นที่ซับซ้อนออกมาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้อย่างครบถ้วน	สรุปประเด็นได้ดี มี การเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปพอสมควร แม้จะยังขาดรายละเอียดเล็กน้อย	สรุปได้แต่ยังมีความไม่ชัดเจนในบางส่วน หรือการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปไม่ชัดเจนเพียงพอ	ไม่สามารถสรุปได้อย่างครบถ้วน มีความผิดพลาด หรือไม่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ต่อ)

รายการ การประเมิน	ระดับคะแนน/คำอธิบายเกณฑ์			
	4	3	2	1
การระบุข้อ ตกลงเบื้องต้น	สามารถระบุและ อธิบายข้อตกลง เบื้องต้นได้อย่าง ถูกต้องและ สมบูรณ์ มีเหตุผล สนับสนุนที่ดี	ระบุข้อตกลง เบื้องต้นได้ พอสมควร แต่ยัง ขาดรายละเอียด หรือการอธิบาย บางประเด็น	ระบุข้อตกลง เบื้องต้นได้แต่ยัง ไม่ชัดเจนหรือไม่ ครอบคลุมพอ	ไม่สามารถระบุ ข้อตกลงเบื้องต้น ได้ หรือระบุ ผิดพลาด
การนิรนัย	สามารถนำเสนอ ข้อสรุปแบบนิร นัยที่มีความ ชัดเจนและ สมเหตุสมผล มี การใช้หลักการ หรือแนวคิดใน การสรุปที่ถูกต้อง	นำเสนอข้อสรุป นิรนัยได้แต่ยัง ขาดความชัดเจน หรือไม่ สมเหตุสมผลใน บางจุด	มีความพยายาม ในการใช้การนิร นัยแต่ยังไม่ ครบถ้วน หรือมี ข้อผิดพลาดใน การสรุป	ข้อสรุปไม่มีการใช้ หลักการนิรนัย หรือมีความ ผิดพลาดมาก
การตีความ	ตีความข้อมูล ข้อความ หรือ สถานการณ์ได้ อย่างถูกต้องและ และครบถ้วน มี เหตุผลรองรับ อย่างเหมาะสม	ตีความได้ ค่อนข้างดีแต่ขาด ความชัดเจนใน บางส่วน	มีความพยายาม ในการตีความแต่ ยังไม่ครอบคลุม หรือไม่ชัดเจน	ไม่สามารถตีความ ได้อย่างถูกต้อง หรือมีความ ผิดพลาดมาก

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ต่อ)

รายการ การประเมิน	ระดับคะแนน/คำอธิบายเกณฑ์			
	4	3	2	1
การตีความ	ตีความข้อมูล ข้อความ หรือ สถานการณ์ได้ อย่างถูกต้องและ และครบถ้วน มี เหตุผลรองรับ อย่างเหมาะสม	ตีความได้ ค่อนข้างดีแต่ขาด ความชัดเจนใน บางส่วน	มีความพยายาม ในการตีความแต่ ยังไม่ครอบคลุม หรือไม่ชัดเจน	ไม่สามารถ ตีความได้อย่าง ถูกต้อง หรือมี ความผิดพลาด มาก
การประเมินข้อ โต้แย้ง	สามารถวิเคราะห์ และประเมินข้อ โต้แย้งได้อย่างมี เหตุผลและมี วิจารณญาณดี	ประเมินข้อ โต้แย้งได้ พอสมควรแต่ยัง มีจุดที่ไม่สมบูรณ์	มีความพยายาม ในการประเมิน แต่ยังขาดเหตุผล หรือหลักฐานใน การสนับสนุน	ไม่สามารถ ประเมินข้อ โต้แย้งได้อย่างมี เหตุผล หรือ ตัดสินข้อโต้แย้ง ผิดพลาด

5) นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเกณฑ์การประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข โดยแก้ไขเกณฑ์พิจารณาการประเมินให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6) นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเกณฑ์การประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับองค์ประกอบที่ต้องการวัดเป็นรายข้อ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

6.1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วิทยา วรพันธุ์
ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

6.2) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ อ.ดร.ณัฐกานต์ กาญจนะ
ปร.ด. (ฟิสิกส์) สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.อีสาน วช.
สุรินทร์

6.3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อ.ดร.
สาวิตรี ราญมีชัย ปร.ด. (คณิตศาสตร์) ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

6.4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบูรณาการกับสะเต็มศึกษา นายธีระวุฒิ
จันทะพันธ์ วท.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา(ชีววิทยาสำหรับครู) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย มุกดาหาร

6.5) ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นายธนพัฒน์ ทับ
ไทสง วท.ม.เคมีศึกษา ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย มุกดาหาร

โดยใช้แบบประเมินที่สร้างเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า
(Rating Scale) ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินการคิด
อย่างมีวิจารณญาณที่ผ่านการประเมินและให้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว คำนวณหาค่าเฉลี่ย
และนำค่าเฉลี่ยที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546)

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

โดยเกณฑ์การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สามารถนำไปใช้ได้ต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 5.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2546) ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสถานการณ์ปัญหา

วงจร ปฏิบัติการที่	สถานการณ์ปัญหา ชุดที่	เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1	1	4.00	ความเหมาะสมในระดับมาก
	2	3.80	ความเหมาะสมในระดับมาก
	3	4.00	ความเหมาะสมในระดับมาก
	4	3.80	ความเหมาะสมในระดับมาก
	5	4.20	ความเหมาะสมในระดับมาก
2	1	3.80	ความเหมาะสมในระดับมาก
	2	4.00	ความเหมาะสมในระดับมาก
	3	4.00	ความเหมาะสมในระดับมาก
	4	4.20	ความเหมาะสมในระดับมาก
	5	3.80	ความเหมาะสมในระดับมาก

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณในส่วนของข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ

รายการการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					ค่าเฉลี่ย คะแนน	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ความเหมาะสมของข้อ คำถามในแบบทดสอบ	5	4	4	4	4	4.20	ความเหมาะสมใน ระดับมาก
ความเหมาะสมของ เกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบ	4	4	4	4	4	4.00	ความเหมาะสมใน ระดับมาก

6.6) นำแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ได้รับการตรวจพิจารณาแล้ว มาปรับปรุง แก้ไข ให้ถูกต้อง เหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีรายละเอียด คือ เรื่องเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยปรับคำบรรยายของเกณฑ์การประเมินให้กระชับ ครอบคลุม ให้สามารถให้คะแนนได้ง่ายมากขึ้น จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

7) นำแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับที่แก้ไขสมบูรณ์โดยเลือกใช้ 4 สถานการณ์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

4.3) แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมที่ใช้สังเกตจากการปฏิบัติกิจกรรมและการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนระหว่างจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะประกอบไปด้วยพฤติกรรมที่สังเกตได้ 5 พฤติกรรม ได้แก่ พฤติกรรมการสรุปอ้างอิง พฤติกรรมการระบุข้อตกลงเบื้องต้น พฤติกรรมกานิรนัย พฤติกรรมที่ดีความ และพฤติกรรมการประเมินข้อโต้แย้ง

ผู้วิจัยสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง งานและพลังงาน ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 2) ศึกษาความหมายและวิธีการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมจากทฤษฎีและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 3) สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยการให้คะแนนมี 3 ระดับ ดังนี้ แสดงพฤติกรรมได้ครบถ้วน 3 คะแนน แสดงพฤติกรรมได้บางส่วน 2 คะแนน และไม่แสดงพฤติกรรมหรือแสดงพฤติกรรมไม่ถูกต้อง 1 คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนของพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงการพิจารณาพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ

พฤติกรรมที่แสดงออก	พฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
การสรุปอ้างอิง คือ การแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวตามข้อมูลที่ปรากฏในข้อความหรือสถานการณ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งความคิดเห็นนั้นอาจจะเป็นความจริงหรือบอกได้ว่าไม่เป็นความจริง ในกรณีที่ข้อมูลยังไม่เพียงพอหรือการลงสรุปข้อมูลต่าง ๆ ที่ปรากฏในข้อความที่กำหนดให้	สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างครอบคลุม สอดคล้องกับข้อมูล และมีเหตุผลรองรับ ขณะที่บางคนแสดงความคิดเห็นได้เพียงบางประเด็น แสดงถึงความเข้าใจระดับหนึ่ง แต่ยังขาดการเชื่อมโยงอย่างลึกซึ้ง ส่วนบางคนไม่สามารถแสดงความคิดเห็นตามข้อมูลได้อย่างชัดเจน สะท้อนถึงข้อจำกัดในเรื่องราวตามสถานการณ์ที่กำหนด
การระบุข้อตกลงเบื้องต้น คือ การพิจารณาและตัดสินข้อมูลที่ สมมติขึ้นหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในแต่ละข้อว่าเป็น หรือไม่ข้อตกลงของ สถานการณ์ทั้งหมด	สามารถพิจารณาและตัดสิน ข้อมูลตามสถานการณ์ที่ กำหนดให้ได้ทั้งหมดว่าอะไร เป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของ สถานการณ์ เป็นบางส่วนว่าอะไรเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลง ของสถานการณ์ หรือไม่สามารถพิจารณาและตัดสิน ข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้
การตีความ คือ การคิดพิจารณา ข้อความย่อเยว่าเป็นความจริง ตามข้อความที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือ เหตุผลที่กำหนดให้อย่างมี เหตุผลเพียงพอ	สามารถคิดพิจารณาข้อความ ย่อยได้ว่าเป็นความจริงตาม สถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อมูลหรือ เหตุผลที่กำหนดให้อย่างมีเหตุผลเพียงพอ หรือไม่สามารถคิดพิจารณา ข้อความย่อเยได้ว่าเป็นความจริงตาม สถานการณ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

ตารางที่ 9 แสดงการพิจารณาพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ต่อ)

พฤติกรรมที่แสดงออก	พฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
การนิรนัย คือ การคิด พิจารณา ข้อความเกี่ยวกับเหตุและผล ของข้อความหลักที่มีอยู่ก่อน โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็น สาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุป เป็นผลของข้อความนั้น	สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับ เหตุและผลของสถานการณ์ได้ โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็น สาเหตุและอาศัยความสัมพันธ์ ระหว่างสาเหตุทั้งหมด เพื่อสรุป เป็นผลของสถานการณ์นั้น หรือไม่สามารถคิด พิจารณาเกี่ยวกับ เหตุและผลของสถานการณ์ได้
การประเมินข้อโต้แย้ง คือ การตีคุณค่า การประเมิน คำตอบ การประเมินข้อสรุป ของข้อความและการตัดสินใจ ความถูกต้องของข้อความที่ กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความ สอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนด	สามารถ ประเมิน ข้อสรุป ของสถานการณ์ได้ ตัดสินหรือไม่ได้ตัดสิน ความถูกต้องของข้อความที่ กำหนดให้ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องด้วยเหตุและผล ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และไม่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้

4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข โดยปรับแก้คำให้ถูกต้องปรับคำบรรยายให้กระชับและปรับการพิจารณาการสังเกตพฤติกรรมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5) นำแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

5.1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วิทยา วรพันธุ์ ปร.ด. (นวัตกรรมการหลักสูตรและการเรียนรู้) ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

5.2) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ อ.ดร.ณัฐกานต์ กาญจนะ
ปร.ด. (ฟิสิกส์) สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.อีสาน วช.
สุรินทร์

5.3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล อ.ดร.สาวิตรี ราษฎร์ชัย
ปร.ด. (คณิตศาสตร์) ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

5.4) ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นายธนพัฒน์
ธำไทสง วท.ม.เคมีศึกษา ครูวิทยฐานะชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหาร

5.5) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนรายวิชาฟิสิกส์ นางสาวพรพิทักษ์
คนหาญ วท.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา(ฟิสิกส์) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย มุกดาหาร

โดยใช้แบบประเมินที่สร้างเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating
Scale) ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมที่ผ่านการ
ประเมินและให้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว คำนวณหาค่าเฉลี่ย และนำค่าเฉลี่ยที่ได้เปรียบเทียบกับ
เกณฑ์การประเมินดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2546)

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

โดยเกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สามารถนำไปใช้ได้ต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ถึง 5.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2546) ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสถานการณ์ปัญหา

ด้าน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1	4.60	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
2	4.80	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
3	4.60	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
4	4.60	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
5	4.80	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

6) นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามประเด็นที่ต้องปรับปรุง โดยมีรายละเอียด คือ เรื่องเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนให้ชัดเจน ครอบคลุม ให้สามารถสังเกตพฤติกรรมแล้วให้คะแนนนักเรียนได้ง่ายมากขึ้น จากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

7) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับการสะท้อนผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

4.4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะนำไปพัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1) กำหนดขอบเขตของคำถามซึ่งประกอบไปด้วย 2 ด้านดังนี้

1.1) คำถามด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.2) คำถามด้านความคิดเห็นต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3) คำถามด้านผู้สอน

2) ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์ตามขอบเขตคำถามที่กำหนด

3) นำแบบสัมภาษณ์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุง โดยปรับแก้ความถูกต้องของคำและภาษาที่ใช้ จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปหาค่าความสอดคล้องหรือดัชนีของความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

3.1) ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ผศ.ดร.วิทยา วรพันธุ์ ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3.2) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ อ.ดร.ณัฐกานต์ กาญจนะ ปร.ด. (ฟิสิกส์) สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.อีสาน วข. สุรินทร์

3.3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา อ.ดร. สาวิตรี ราญมีชัย ปร.ด.(คณิตศาสตร์) ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

3.4) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาบูรณาการกับสะเต็มศึกษา นายธีระวุฒิ จันทะพันธ์ วท.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา(ชีววิทยาสำหรับครู) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตนาวิทยา มุกดาหาร

3.5) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนรายวิชาฟิสิกส์ นางสาวพรพิทักษ์ คนหาญ วท.ม.วิทยาศาสตร์ศึกษา(ฟิสิกส์) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารัตนาวิทยา มุกดาหาร

จากการวิเคราะห์พบว่า แบบสัมภาษณ์นักเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อระหว่าง 0.80-1.00 และผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขแบบสัมภาษณ์นักเรียนโดยควรมีข้อคำถามมากกว่านี้ มีประเด็นที่หลากหลาย

4) ดำเนินการแก้ไขแบบสัมภาษณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยเพิ่มข้อคำถามให้มากขึ้น มีความหลากหลาย คลอบคลุมมากยิ่งขึ้นและเท่าทันสถานการณ์โลก และจัดพิมพ์

แบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายและเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis (1988) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นวางแผน (Plan : P) ขั้นปฏิบัติ (Act : A) ขั้นสังเกต (Observe : O) และขั้นสะท้อนผล (Reflect : R) โดยดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 2 วงจรปฏิบัติการดังนี้

5.1) วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน คือ งานและกำลัง พลังงาน งานและพลังงานจลน์ ในการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นวางแผน (Plan)

1) วิเคราะห์และสำรวจปัญหาสำคัญวิเคราะห์และสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องให้มีการแก้ไข เพื่อให้ทราบว่าปัญหาคืออะไร เป็นอย่างไร ซึ่งทำโดยการศึกษารูปแบบพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้วิจัยได้รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดความบกพร่องหรือปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการระบุประเด็นปัญหา ติความ รวมถึงการค้นคว้าหาข้อมูลและการวางแผนแก้ปัญหา จากการนำแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของ Watson และ Glaser (1937) สถานการณ์ละ 5 ข้อ ข้อละ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 24 คน พบว่านักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.84 มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากไม่มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นค้นคว้า การระบุปัญหา การสังเคราะห์ชิ้นงานขึ้นมาเป็นรูปธรรมที่จะต้องอาศัยการคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล การสรุปอ้างอิง การระบุข้อมูลเบื้องต้น และการวางแผน รวมถึงการพิจารณาไตร่ตรองข้อมูล ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเลือกใช้ข้อมูลอย่างถูกต้องและเหมาะสม

2) ศึกษารูปแบบ ลักษณะ และขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาทุกรูปแบบจากวารสารงานวิจัยต่าง ๆ

3) ศึกษามาตรฐาน และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา

4) ศึกษาเนื้อหาเนื้อหา แรงและพลังงาน จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 2 หนังสือคู่มือครู เอกสารประกอบการสอน และหนังสืออ่านประกอบอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการเรียนรู้

5) ศึกษาและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบสังเกตพฤติกรรม

ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานและกำลัง จำนวน 2 คาบ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พลังงาน จำนวน 2 คาบ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 งานและพลังงานจลน์ จำนวน 2 คาบ

ขั้นสังเกต (Observe)

1) สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและทำการบันทึกลงในบันทึกหลังแผนที่สร้างขึ้นเมื่อจบแผนการสอนในแต่ละแผน

2) นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนครบทุกแผนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาในด้านปริมาณ และคุณภาพ เพื่อประเมินผลและตรวจสอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรวมถึงกระบวนการวิจัยพบว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จะต้องหาแนวทางเพื่อให้ได้แนวทางการพัฒนา ปรับปรุง จากการสังเกต หรือบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการดำเนินการวิจัยในวงจรที่ 2 ต่อไป

5.2) วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน คือ งานและพลังงานศักย์ ไน้มถ่วง กฎการอนุรักษ์พลังงาน และ เครื่องกล ในการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นวางแผน (Plan)

1) ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอน และกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนจะแนวทางปัญหา ที่ได้จากการสังเกต และวิเคราะห์ปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และสร้างเครื่องมือวิจัยที่จะใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทาง
สะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 งานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 กฎการอนุรักษ์พลังงาน	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เครื่องกล	จำนวน 2 คาบ

ขั้นสังเกต (Observe)

- 1) สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและทำการบันทึกลงในบันทึกหลังแผนที่
สร้างขึ้น เมื่อจบแผนการสอนในแต่ละแผน
- 2) นำแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย
หลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนครบทุกแผนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยประเมิน
จากแบบทดสอบที่นักเรียนทำ โดยให้คะแนนนักเรียนแต่ละคนจากเกณฑ์การให้คะแนน จากนั้นใช้
สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ วิเคราะห์ข้อมูล
หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสังเกตพฤติกรรมและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
โดยเก็บข้อมูลจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาขณะทำกิจกรรมและบันทึกไว้ หลังจบแต่ละวงจร
ปฏิบัติการทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้ ว่าสอดคล้องและเป็นไปตามองค์ประกอบของการคิด
อย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ อย่างไร และสอดคล้องกับข้อมูลเชิงปริมาณหรือไม่ อย่างไร

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

7.1) สถิติพื้นฐาน

- 1) ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้ (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551)

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด หรือคะแนนเต็ม

2) ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร ดังนี้ (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 n แทน จำนวนคะแนน หรือข้อมูลทั้งหมด

3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551)

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

เมื่อ $S. D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X แทน ข้อมูล หรือคะแนนแต่ละตัว
 n แทน จำนวนคะแนน หรือข้อมูลทั้งหมด

7.2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ

1) การวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความสอดคล้องเพื่อให้ข้อคำถามมีความสอดคล้องโดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามพฤติกรรมบ่งชี้ (Index of Congruence : IOC) ตลอดจนครอบคลุมของข้อคำถามและความถูกต้องชัดเจนในการใช้ภาษา โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยาม
 $\sum R$ หมายถึง ผลรวมคะแนนผลการตัดสินข้อคำถามของผู้เชี่ยวชาญ
 N หมายถึง จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์ในการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา IOC มากกว่าร้อยละ 60 (สมนึก ภัททิยธานี, 2546)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง งานและพลังงาน โดยผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัยดังนี้

ผลการดำเนินการ

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบ เทคนิคและวิธีสอนต่าง ๆ ที่ช่วยพัฒนาการอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีวิจัยแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวทางของเคมมิส (Kemmis) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 2 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

ผลการวัดผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียน คนที่	คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน (เต็ม 80)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน	คะแนน (เต็ม 80)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
1	58	72.5	ผ่าน	64	80	ผ่าน
2	51	63.8	ไม่ผ่าน	63	78.8	ผ่าน
3	50	62.5	ไม่ผ่าน	62	77.5	ผ่าน
4	56	70	ผ่าน	62	77.5	ผ่าน

ตารางที่ 11 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ					
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน (เต็ม 80)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน	คะแนน (เต็ม 80)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
5	52	65	ไม่ผ่าน	61	76.3	ผ่าน
6	57	71.3	ผ่าน	63	78.8	ผ่าน
7	50	62.5	ผ่าน	60	75	ผ่าน
8	52	65	ไม่ผ่าน	61	76.3	ผ่าน
9	58	72.5	ผ่าน	63	78.8	ผ่าน
10	52	65	ไม่ผ่าน	63	78.8	ผ่าน
11	52	65	ไม่ผ่าน	64	80	ผ่าน
12	57	71.3	ผ่าน	63	78.8	ผ่าน
13	56	70	ผ่าน	61	76.3	ผ่าน
14	57	71.3	ผ่าน	63	78.8	ผ่าน
15	58	72.5	ผ่าน	64	80	ผ่าน
16	58	72.5	ผ่าน	61	76.3	ผ่าน
17	59	73.8	ผ่าน	61	76.3	ผ่าน
เฉลี่ย	54.88	68.60		62.29	77.87	
S.D.	3.14	3.93		1.23	1.53	
สรุป	ผ่าน	58.82	100			
	ไม่ผ่าน	41.18	-			

จากตารางที่ 11 พบว่า คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 54.88 คิดเป็นร้อยละ 68.60 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 62.29 คิดเป็นร้อยละ 77.87 ซึ่งมีนักเรียน

ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน

ผลการวิเคราะห์แต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.1) วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยทำการศึกษารูปแบบ ลักษณะ และขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทุกรูปแบบจากวารสารงานวิจัยต่าง ๆ ศึกษามาตรฐาน และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา ศึกษา โดยเนื้อหา เรื่อง แรงและพลังงาน จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 2 หนังสือคู่มือครู เอกสารประกอบการสอนและหนังสืออ่านประกอบอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการเรียนรู้ จากนั้นศึกษาและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้รวมถึงเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน โดยได้มาซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน

2. ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้อยู่ตามแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานและกำลัง จำนวน 2 คาบ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พลังงาน จำนวน 2 คาบ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 งานและพลังงานจริง จำนวน 2 คาบ

พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

3. ขั้นสังเกตการณ์

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

3.1) ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและทำการบันทึกลงในบันทึกหลังแผนที่สร้างขึ้นเมื่อจบแผนการสอนในแต่ละแผน โดยทำการสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณและการสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งการสัมภาษณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ด้านคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และด้านครูผู้สอน โดยการสัมภาษณ์นักเรียนนั้นดำเนินการหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ภาพรวมของผลการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างคำตอบสามารถเห็นได้จากการสัมภาษณ์ดังต่อไปนี้

1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบปัญหาขั้นตอนการชี้แจงปัญหา โดยนักเรียนมักเดินเข้ามาสอบถามครูอยู่ตลอดเวลาเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงาน เช่น ต้องทำอะไร เชื่อมโยงข้อมูลอย่างไร หรือควรเริ่มต้นจากจุดใด นักเรียนหลายคนให้เหตุผลว่าไม่สามารถมองเห็นภาพรวมของปัญหาได้ ขาดจินตนาการ และรู้สึกว่ายากตัวอย่างที่ครูให้นั้นไม่ชัดเจน ทำให้เกิดความสับสน จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้ สามารถจำแนกปัญหาออกได้เป็น 2 ประเด็นหลัก คือ

1. สังเกตได้จากการทำกิจกรรมในชั้นชี้แจงปัญหา โดยมีนักเรียนบางกลุ่มเดินมาสอบถามครูเกี่ยวกับวิธีดำเนินงาน เช่น การสืบค้นข้อมูลหรือแนวทางในการอธิบายปัญหา ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้ทำการศึกษาข้อมูลจากใบงาน ใบกิจกรรม หรือคำอธิบายการเรียนรู้ที่ครูได้จัดเตรียมให้ แม้ครูจะให้คำแนะนำแล้วก็ตาม นักเรียนกลุ่มที่ตั้งใจฟังคำชี้แจงของครูมักจะแบ่งหน้าที่กันทำงานอย่างชัดเจน และสามารถดำเนินกิจกรรมได้ด้วยตนเอง ในทางตรงกันข้ามกลุ่มนักเรียนบางกลุ่มไม่ทำการศึกษาข้อมูลด้วยตนเองเลย และรอสอบถามครูเป็นหลัก ซึ่งแสดงถึงการขาดทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังแสดงในบทสัมภาษณ์ของนักเรียนต่อไปนี้

“ไม่ค่อยชอบตอนที่ครูให้สืบค้นเนื้อหาเพื่อชี้แจงปัญหาเลยคะ จับจุดไม่ได้ไม่รู้จะเริ่มตรงไหนก่อนดี..”

(นักเรียนเลขที่ 8, 20 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ช่วงที่ครูให้แต่ละกลุ่มสรุปองค์ความรู้มาใช้ในการแก้สถานการณ์ไม่ค่อยชอบเลย เพื่อน ๆ ก็ไม่ช่วยกันเลย...”

(นักเรียนเลขที่ 10, 20 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

2. นักเรียนมีความชอบและความกระตือรือร้นในช่วงของการวางแผนและออกแบบการทดลองจากการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความชอบและให้ความสนใจเป็นพิเศษในช่วงของการวางแผน ออกแบบการทดลอง และการสร้างชิ้นงาน โดยเฉพาะเมื่อได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนมักแสดงออกถึงความกระตือรือร้นอย่างชัดเจนในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมักเริ่มต้นจากการวางแผนหรือออกแบบกิจกรรมการทดลองด้วยตนเองก่อนจะลงมือดำเนินการ สอดคล้องกับบทสัมภาษณ์ของนักเรียนดังต่อไปนี้

“...ชอบช่วงตอนวางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองมากคะ สนุกได้ลงมือทำแต่ไม่ค่อยเข้าใจตอนที่วางแผนฉุกเฉิน หรือ Plan B เพราะมันไม่ได้ทำการทดลองก่อนแล้วก็ไม่เคยทำมาก่อนเลยทำไม่ได้คะ...”

(นักเรียนเลขที่ 12, 20 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

นอกจากนี้ ยังพบว่าการแบ่งหน้าที่กันทำงานในกลุ่มมีผลต่อความเข้าใจของนักเรียนในภาพรวม โดยบางคนมุ่งเน้นเฉพาะในส่วนของการทดลอง แต่ละเลยการศึกษาข้อมูลเชิงทฤษฎีหรือการวิเคราะห์ปัญหา ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามหรือสะท้อนผลการเรียนรู้ได้อย่างครบถ้วน ดังแสดงในบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...สนุกเฉพาะที่ได้ทำกิจกรรม พอทำเสร็จก็ตอบคำถามไม่ได้ อาจจะเป็นตนเองรับผิดชอบในวางแผน ออกแบบการทดลอง แต่ไม่ได้ศึกษาด้านข้อมูลการชี้แจงปัญหาหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพราะแบ่งหน้าที่กันทำงาน รวมถึงไม่สามารถสะท้อนปัญหาได้ครับ...”

(นักเรียนเลขที่ 14, 20 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า ในขั้นตอนการชี้แจงปัญหา นักเรียนจำนวนหนึ่งมีความสับสนและไม่เข้าใจแนวทางการดำเนินงานอย่างชัดเจน โดยมักมีการสอบถามครูผู้สอนเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการ การเชื่อมโยงข้อมูล และการวางแผนลูกเห็บ ทั้งนี้ นักเรียนให้เหตุผลว่าไม่สามารถมองภาพรวมของสถานการณ์ได้อย่างชัดเจน ไม่สามารถจินตนาการถึงแนวทางการแก้ไขได้ หรือไม่เข้าใจตัวอย่างที่ครูยกขึ้นมาอธิบาย ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้ไม่เป็นไปอย่างราบรื่น จากข้อค้นพบดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ครูผู้สอนควรปรับปรุงในด้านการอธิบายเนื้อหาและแนวทางให้มีความชัดเจน ครอบคลุม และกระชับยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในขั้นตอนการชี้แจงปัญหา การจัดการกิจกรรม การวางแผนลูกเห็บ และการปรับปรุงแผนการเรียนรู้ ควรให้คำแนะนำที่ชัดเจนและทั่วถึงแก่นักเรียนทุกกลุ่มในห้องเรียน เพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันในกระบวนการเรียนรู้ ดังแสดงในบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...ครูอธิบายยากไปหรือหนูไม่เข้าใจคะ อีกอย่างครูมีแต่จะให้หาเองอ่านเองอย่างเดียว หนูงง และไม่เข้าใจ...”

(นักเรียนเลขที่ 14, 20 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ครูอธิบายตอนทำกิจกรรมไม่ชัดเท่าไร เหมือนจะเข้าใจแต่กลุ่มหน้าห้องเลย มั่นงเพราะพวกหนูไม่เคยทำแบบนี้คะ...”

(นักเรียนเลขที่ 15, 20 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ขั้นการชี้แจงปัญหา คือจะไม่คุ้นเคยกับการเรียนที่ต้องศึกษาด้วยตนเองก่อน แล้วค่อยนำความรู้มาประยุกต์ศาสตร์หลาย ๆ อย่างในด้าน STEM และขั้นการวางแผนลูกเห็บเพราะนักเรียนบางส่วนจะมีความติดการคาดการณ์ว่าการทดลองเกิดข้อผิดพลาด

เพราะไม่ได้ทำการทดลองก่อน ทั้งนี้ยังทำการสรุปสะท้อนผลต่อการประเมินกิจกรรมไม่ได้ และนักเรียนบางส่วนมีปัญหากับการจัดการเวลาที่ใช้ในวางแผนฉุกเฉิน และการปรับปรุงแผนการทดลอง รวมไปถึงปัญหาการประเมินสะท้อนผลการทดลอง นอกจากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยยังได้นำเอาพฤติกรรมของนักเรียนที่สังเกตได้และผลจากการบันทึกหลังแผนการเรียนรู้มาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหา ซึ่งผลที่ได้แสดงดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 พบว่า นักเรียนมีปัญหาด้านกิจกรรมการเรียนการสอน เนื่องจากเป็นรูปแบบการสอนที่เป็นรูปแบบใหม่ยังไม่คุ้นชิน แต่เป็นกิจกรรมที่ทำน่าสนใจทำให้ดึงดูดแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยังมีปัญหาด้านศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลในการชี้แจงปัญหาเพราะนักเรียนยังขาดการเข้าใจและใช้เวลาในการทำความคุ้นชินกับลำดับการเรียนการสอนในห้องเรียนและจะต้องทำอะไรในกิจกรรม

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พบว่านักเรียนเริ่มคุ้นชินกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนนักเรียนสนุกกับการทำกิจกรรมเพราะมีการวางแผนแบ่งหน้าที่ช่วยกันในการทำกิจกรรมศึกษาค้นคว้าข้อมูล ออกแบบการทดลอง ออกแบบการเก็บข้อมูลและการเลือกใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสม แต่นักเรียนยังขาดการคาดการณ์ปัญหาที่จะเกิดขึ้นว่าการวางแผนการทดลองเพื่อจะเกิดข้อผิดพลาดแล้วเอาแผนการทดลองจากการวางแผนฉุกเฉิน หรือ Plan B มาใช้แทนอย่างไร

3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พบว่านักเรียนกระตือรือร้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ ช่วยกันวางแผนออกแบบการทดลองและมีการคาดการณ์วางแผนฉุกเฉินหรือ Plan B เพื่อการทดลองแรกเกิดข้อผิดพลาด มีการบันทึกข้อมูลสรุป วิเคราะห์ประเมินข้อขัดข้อผิดพลาดและการทดลองซ้ำ แล้วนำเสนอผลงานตอนท้าย แต่มีบางกลุ่มไม่ยอมวางแผนฉุกเฉิน หรือ Plan B มาใช้ทำการทดลองแม้ครูจะทำการย้ำแล้วหลายรอบ เนื่องมาจากยังมีการจัดการเวลาที่ไม่ดีพอทำให้กลัวว่าผลการทดลองไม่สมบูรณ์

3.2) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปสังเกตกับกลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งทำการสังเกตภาพรวมระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดพฤติกรรมด้านต่าง ๆ อธิบายภาพรวมของนักเรียนดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่านักเรียนบางส่วนสามารถช่วยกันสรุปข้อมูล ปัญหาต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ได้อย่างครอบคลุม โดยพิจารณาจากข้อมูลการสรุปข้อมูล ปัญหาต่างที่ปรากฏในสถานการณ์ที่กำหนดไว้มากกว่าสองประเด็น

ขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงความคิดเห็นได้เพียงหนึ่งประเด็นซึ่งยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่กำหนด แสดงให้เห็นว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถในการสรุปข้อมูล ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางคนสามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวได้อย่างครอบคลุม โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูล บรูณาการองค์ความรู้ STEM ในสถานการณ์ที่กำหนดไว้ได้หลากหลายประเด็น ขณะที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงความคิดเห็นได้เพียงบางส่วน ซึ่งยังไม่ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่ปรากฏในสถานการณ์ อย่างไรก็ตาม นักเรียนทุกคนสามารถแสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวได้ในระดับหนึ่ง โดยไม่พบผู้ใดที่ไม่สามารถแสดงความเห็นตามข้อมูลที่กำหนดได้เลย สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ STEM มาบูรณาการณแก้ไขปัญหในสถานการณ์ที่กำหนดได้

การนิรนัย

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดพิจารณาเกี่ยวกับเหตุและผลของการวางแผนและการปรับปรุงแผนในสถานการณ์ที่กำหนดไว้ได้ในระดับหนึ่ง โดยอาศัยข้อมูลหรือเหตุผลและทำให้สามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผลว่า สามารถวางแผนเชื่อมโยงกับการปรับปรุงแผนในขณะการทดลองที่อาจเกิดข้อผิดพลาดขึ้น โดยนักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุมาวิเคราะห์อย่างมีระบบ เพื่อนำไปสู่การวางแผนฉุกเฉิน ปรับปรุงแผน แล้วสรุปผลที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนที่แม้จะสามารถพิจารณาข้อมูลได้ แต่ยังขาดการเชื่อมโยงเหตุผลอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะการวิเคราะห์เหตุและผล เพื่อให้นักเรียนสามารถการวางแผนและปรับปรุงแผนในสถานการณ์กำหนดได้อย่างถูกต้องและมีหลักการมากยิ่งขึ้น

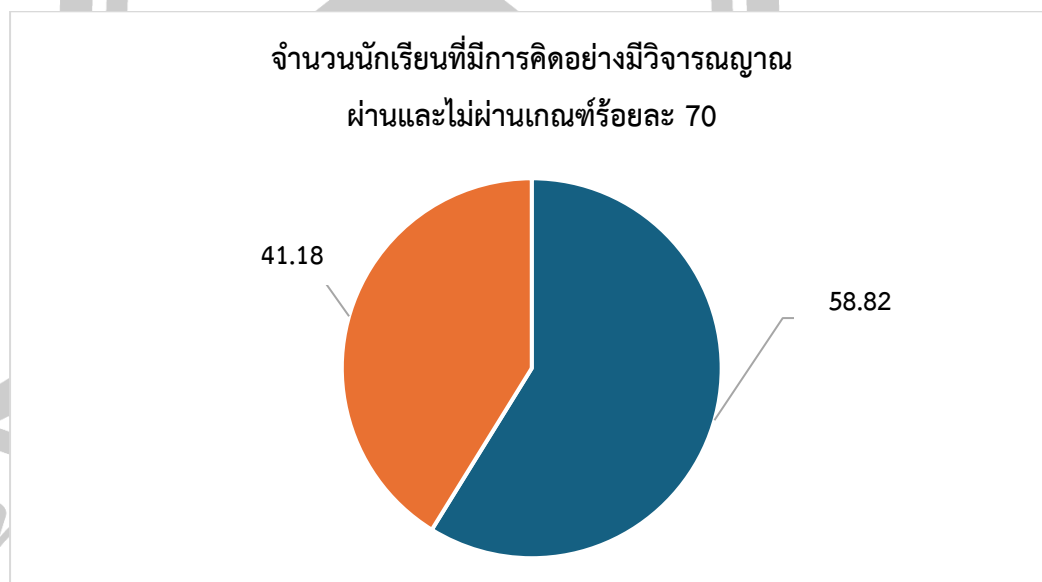
การตีความ

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดและพิจารณาเกี่ยวกับข้อมูลเหตุและผลที่ได้จากการทำกิจกรรม โดยมีการคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุทั้งหมดเพื่อสรุปและสะท้อนผลของข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างมีเหตุผล ยังมีนักเรียนบางส่วนสามารถทำการวิเคราะห์และสรุปผลได้อย่างชัดเจนแต่ยังเชื่อมโยงข้อมูลสาเหตุและผลที่ได้ไม่ได้ชัดเจน อีกทั้งยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถพิจารณาเหตุและผลของข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมได้อย่างครบถ้วน

การประเมินข้อโต้แย้ง

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถประเมินข้อสรุปของข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรม และสามารถพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสรุปกับข้อมูลและข้อผิดพลาดที่ได้ โดยใช้เหตุผลในการตัดสินใจตัดสินความถูกต้องของข้อมูลจากการทำกิจกรรม อย่างไรก็ตาม ยังมีนักเรียนบางส่วนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถตัดสินใจตัดสินความถูกต้องของข้อความได้อย่างมีเหตุผลและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดไว้ ขณะที่ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้เลย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการส่งเสริมทักษะการประเมินข้อสรุปและการตัดสินใจตัดสินความถูกต้องอย่างมีเหตุผล เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างมีวิจารณญาณและแม่นยำยิ่งขึ้น

3.3) นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนครบทุกแผนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนครบทั้ง 3 แผน พบว่ามีผลดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ความสามารถอย่างมี
วิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 9 พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์การคิดอย่างมีวิจารณญาณร้อยละ 58.82 จากกลุ่มเป้าหมายที่มีทั้งหมด 17 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้มีผลในการพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุที่นักเรียนผ่านเกณฑ์มากขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงอย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วม การทำงานร่วมกัน และการค้นคว้าข้อมูล ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจลึกซึ้งและสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 12 แสดงคะแนนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียน คนที่	คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณรวม 4 สถานการณ์ (สถานการณ์ละ 20 คะแนน)					คะแนน (เต็ม 80)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ด้านที่ 1 การสรุป อ้างอิง (16)	ด้านที่ 2 การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (16)	ด้านที่ 3 การ นิรนัย (16)	ด้านที่ 4 การ ตีความ (16)	ด้านที่ 5 การประเมิน ข้อโต้แย้ง (16)			
1	12	11	14	9	12	58	72.50	ผ่าน
2*	13	8	12	8	10	51	63.75	ไม่ผ่าน
3*	8	10	10	12	10	50	62.50	ไม่ผ่าน
4	15	9	11	10	11	56	70.00	ผ่าน
5*	10	10	11	12	9	52	65.00	ไม่ผ่าน
6	11	11	11	10	14	57	71.25	ผ่าน
7*	10	11	10	12	7	50	62.50	ไม่ผ่าน
8*	10	12	12	10	8	52	65.00	ไม่ผ่าน
9	12	12	13	10	11	58	72.50	ผ่าน
10*	10	10	11	12	9	52	65.00	ไม่ผ่าน
11*	11	12	9	11	9	52	65.00	ไม่ผ่าน
12	13	10	14	11	9	57	71.25	ผ่าน

ตารางที่ 12 แสดงคะแนนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณรวม 4 สถานการณ์ (สถานการณ์ละ 20 คะแนน)					คะแนน (เต็ม 80)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน
	ด้านที่ 1 การสรุป อ้างอิง (16)	ด้านที่ 2 การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น (16)	ด้านที่ 3 การ นิรนัย (16)	ด้านที่ 4 การ ตีความ (16)	ด้านที่ 5 การประเมิน ข้อโต้แย้ง (16)			
13	12	12	12	9	11	56	70.00	ผ่าน
14	12	10	13	11	11	57	71.25	ผ่าน
15	12	10	13	13	10	58	72.50	ผ่าน
16	13	11	13	10	11	58	72.50	ผ่าน
17	11	11	12	14	11	59	73.75	ผ่าน
เฉลี่ย	11.47	10.59	11.82	10.82	10.18	54.88	68.60	
S.D	1.58	1.09	1.38	1.50	1.58	3.14	3.93	
สรุป	นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 10 คน ร้อยละ 58.82							
	นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 7 คน ร้อยละ 41.82							

จากตาราง 12 พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 17 คนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้หลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 แล้วมีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีจำนวนทั้งหมด 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 โดยคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านเท่ากับ 11.47 10.59 11.82 10.82 และ 10.18 สำหรับด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการสรุปข้อโต้แย้งตามลำดับ จากข้อมูลจะพบว่าด้านการสรุปข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด และด้านการนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อพิจารณาร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนเป็นในแนวโน้มเดียวกัน

4. ข้อเสนอผลการปฏิบัติ

จากการวิเคราะห์แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ คะแนนแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ผู้วิจัยได้

สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อนำไปพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ด้านการจัดกิจกรรม - นักเรียนไม่คุ้นเคยกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ - นักเรียนมีปัญหาได้ศึกษาข้อมูลเพื่อชี้แจงปัญหามาอธิบายในส่วนของ STEM - ผู้เรียนไม่เห็นถึงความสำคัญของการวางแผนฉุกเฉิน หรือ Plan B เพราะมันไม่ได้ทำการทดลองก่อนแล้วก็ไม่เคยทำมาก่อนเลยทำไม่ได้ รวมไปถึงไม่มีการบันทึกผลการทดลองจากสถานการณ์ที่กำหนด - นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นที่จะทำการสรุปและสะท้อนผลการทดลองหลังจากกิจกรรม	- ครูต้องมีการแนะนำและชี้แจงว่าให้สืบค้นเพื่ออะไร รวมถึงคอยช่วยเหลือ ชี้ทางและแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ - ครูอธิบายถึงความสำคัญของขั้นตอนวางแผนฉุกเฉิน การคาดการณ์หรือปัจจัยใดบ้างที่อาจจะส่งผลต่อการทดลอง พร้อมทั้งแนะนำแนวทางการออกแบบการเก็บผลการทดลอง - ครูชี้แจงกับนักเรียนถึงเกณฑ์การให้คะแนนว่าการสรุปและสะท้อนผลการทดลองมีผลต่อคะแนนของนักเรียน
ด้านครูผู้สอน - คำอธิบายของครูและการยกตัวอย่างหรือยังไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนจินตนาการไม่ออก	- ครูควรอธิบายปัญหาให้ชัดเจนขึ้น โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน และเลือกตัวอย่างที่ชัดเจน เป็นรูปธรรม และสอดคล้องกับเนื้อหาหรือสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย

2.2 ผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพื่อนำไปใช้ในขั้นปฏิบัติการตามแผนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้ ครูอธิบายปัญหาให้ชัดเจน ใช้ภาษาเข้าใจง่าย เตรียมแหล่งข้อมูลตัวอย่าง คู่มือการค้นคว้า และฝึกใช้เครื่องมือสืบค้น เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถค้นและคัดเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงเน้นย้ำอธิบาย ยกตัวอย่าง ความสำคัญของ

การวางแผนฉุกเฉิน (Plan B) และการบันทึกผลการทดลอง โดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสะท้อนผลจากสถานการณ์จำลองที่สอดคล้องกับปัญหา อีกทั้งปรับแก้จัดเวลาและขั้นตอนกิจกรรมให้เหมาะสมต่อการฝึกคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยเพิ่มช่วงเวลาอภิปรายและสะท้อนความคิดหลังทำกิจกรรม

2. ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 งานและพลังงานศักย์โน้มถ่วง	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 กฎการอนุรักษ์พลังงาน	จำนวน 2 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เครื่องกล	จำนวน 2 คาบ

พร้อมทั้งทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น

3. ขั้นสังเกตการณ์

3.1) ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและทำการบันทึกลงในบันทึกหลังแผนที่สร้างขึ้นเมื่อจบแผนการสอนในแต่ละแผน โดยทำการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการสัมภาษณ์นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มขณะกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งบทสัมภาษณ์จะทำหลังจากเสร็จกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีข้อคำถามคำถาม 2 ด้านคือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และด้านครูผู้สอน ซึ่งตัวอย่างคำตอบสามารถเห็นได้จากการสัมภาษณ์ต่อไปนี้

1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ พบว่าปัญหาหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ นักเรียนขาดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง ส่งผลให้ไม่สามารถนำความรู้หรือข้อมูลที่ค้นคว้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สังเกตได้จากคะแนนผลการทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้ในปฏิบัติการวงจรที่ 1 ซึ่งพบว่านักเรียนจำนวนมากไม่สามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถสรุปผลการทดลองหรือสะท้อนผลการเรียนรู้ในช่วงท้ายกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้เนื่องมาจากการขาดความเข้าใจในเนื้อหา การเชื่อมโยงข้อมูลอีกทั้งยังขาดตัวอย่างที่หลากหลายและชัดเจนในการอธิบายประกอบการเรียนรู้ ดังแสดงในบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...ชอบการออกแบบและทำการทดลองค่ะ แต่ไม่ชอบตอนสรุปผลหรือสะท้อนผล เพราะต้องทำเอง และไม่มีตัวอย่าง หนูเลยไม่เข้าใจค่ะ...”

(นักเรียนเลขที่ 2, 27 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...ตอนออกแบบและทำการทดลองสนุกครับ แต่เนื้อหาที่เรียนไม่ค่อยเข้าใจเท่าไร...”

(นักเรียนเลขที่ 4, 27 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

2. ด้านครูผู้สอน

ในด้านครูผู้สอนปัญหาหลักที่พบ คือ การยกตัวอย่างสถานการณ์หรือเชื่อมโยงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองยังไม่ชัดเจนและมีจำนวนไม่เพียงพอ ทำให้นักเรียนบางคนไม่สามารถเข้าใจหรือจินตนาการตามได้ ส่งผลให้เกิดความสับสนในการนำไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจึงเสนอว่าควรมีการยกตัวอย่างเพิ่มเติมที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้สามารถเชื่อมโยงเนื้อหากับสถานการณ์จริงได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อีกทั้งยังพบว่าบางช่วงเวลาของการสอน ครูอธิบายเนื้อหาเร็วเกินไป ส่งผลให้นักเรียนบางส่วนตามบทเรียนไม่ทันและเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ดังแสดงในบทสัมภาษณ์ต่อไปนี้

“...อยากได้ตัวอย่างจากครูบ้าง เพราะบางทีมันคิดไม่ออกจริง ๆ ครับ...”

(นักเรียนเลขที่ 4, 27 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

“...บางครั้งครูสอนเร็วเกินไปค่ะ หนูตามไม่ทัน อยากให้ค่อย ๆ อธิบายมากกว่านี้...”

(นักเรียนเลขที่ 5, 27 กุมภาพันธ์ 2568: สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับขั้นตอนการสรุปผล การตีความและการประเมินข้อโต้แย้งเพื่อสะท้อนผลการทดลอง บางคนยังคงมีปัญหากับการนำข้อมูลที่ค้นคว้ามาไปสรุปและทำการแก้ปัญหา นอกจากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยยังได้นำเอาพฤติกรรมของนักเรียนที่สังเกตได้และผลจากการบันทึกหลังแผนการเรียนรู้มาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหาผลที่ได้แสดง ดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 พบว่า นักเรียนสามารถที่จะค้นคว้าด้วยตนเองเนื่องจากมีประสบการณ์แล้วจากครั้งก่อน ๆ และมีความเข้าใจในขั้นตอนของกิจกรรมว่าทำไมจะต้องเข้าใจสถานการณ์ปัญหา การกำหนดสาเหตุของปัญหา และเริ่มรู้แล้วว่าที่ทำการค้นคว้านำเอาความรู้ด้าน STEM เพื่อจะนำความรู้บูรณาการไปใช้ในการออกแบบการทดลอง แต่ยังพบว่านักเรียนบางกลุ่มทำการทดลองสุ่ม ๆ ไปก่อนทำให้อุปกรณ์ชำรุด ซึ่งต้องเสียเวลาซ่อม ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการบอกเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงจะต้องเข้าใจสถานการณ์ปัญหา สาเหตุของปัญหาก่อน จากนั้นจึงค่อยค้นคว้าหาองค์ความรู้ด้าน STEM แล้วทำการชี้แจงให้ชัดเจนว่าข้อมูลและปัญหาที่ทำการศึกษาด้วยตนเองก่อนนั้นมี ความสำคัญมากในการออกแบบการทดลอง

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 พบว่านักเรียนมีความคล่องแคล่วในการเลือกใช้อองค์ความรู้ด้าน STEM มาใช้ในการวางแผนและทำการทดลอง มีการคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและประเมินข้อผิดพลาดที่พบในการทดลอง ทั้งนี้ยังใช้เวลาเฉลียวจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 อย่างมาก โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักเรียนระบุไว้ในคาบก่อนหน้านั้นได้ดีขึ้น แต่พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มทำการวางแผนการทดลองโดยไม่สนใจเอาเลือกใช้อองค์ความรู้ด้าน STEM มาใช้

และไม่สอดคล้องโดยออกแบบเพียงแค่แบบเดียวไม่มีการ ออกแบบสำรองไว้ แนวทางการแก้ไขสามารถทำได้โดย ชี้แจงให้ทราบว่าหากการออกแบบดังกล่าวยังไม่สอดคล้องกับองค์ความรู้ด้าน STEM กลุ่มนั้นจะยังไม่สามารถนำอุปกรณ์ไปทำการทดลองได้

3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 พบว่านักเรียนทำการทดลองพร้อมเก็บข้อมูลได้และวิเคราะห์ คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้มากขึ้น และทุกกลุ่มได้นำเสนอข้อมูลผลการทดลองพร้อมทั้งอภิปราย ผลการทดลองที่คาดเคลื่อนหรือปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทดลอง พบว่าการนำเสนอที่มีทุกกลุ่มให้ความสนใจ มีการถามคำถามและโต้ตอบ รวมถึงตอบคำถามครูได้ค่อนข้างครบถ้วนในส่วนของปัญหาพบว่ามีกลุ่มที่ทำการนำเสนอผลการทดลองที่คาดเคลื่อน โดยที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด แนวทางการ แก้ปัญหาแนะนำและชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงวิธีการนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษาจากก่อนหน้านี้มาทำการอธิบายหลักการทำงาน

3.2) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปสังเกตกับกลุ่มเป้าหมาย ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยสังเกตภาพรวมในระหว่างการจัดกิจกรรมแล้วนำมาสรุป พบว่าพฤติกรรมองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นักเรียนด้านต่าง ๆ ที่สังเกตได้ซึ่งพฤติกรรมด้านการสรุปอ้างอิง ด้านระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านประเมินข้อโต้แย้ง และด้านตีความตามลำดับ โดยพฤติกรรมด้านการสรุปอ้างอิงมีการแสดงออกมากที่สุด ในขณะที่พฤติกรรมด้านการตีความของนักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การสรุปอ้างอิง

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถร่วมกันวิเคราะห์และสรุปข้อมูลที่ปรากฏในสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างครอบคลุม โดยสามารถระบุปัญหา เงื่อนไข และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นผลมาจากประสบการณ์เดิมและความคุ้นเคยของนักเรียนที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในปัญหา อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนที่สามารถแสดงความคิดเห็นได้เพียงประเด็นเดียว ซึ่งยังไม่ครอบคลุมสาระสำคัญของสถานการณ์ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าทักษะในการสรุปอ้างอิงข้อมูลในขั้นตอนของการยืนยันปัญหายังมีความแตกต่างกันในระดับรายบุคคล ทั้งนี้ผลการสังเกตสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนส่วนมากมีความสามารถชี้แจงปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม

การระบุข้อตกลงเบื้องต้น

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพิจารณา เชื่อมโยงข้อมูล และบูรณาการองค์ความรู้ด้าน STEM เข้ากับสถานการณ์

ที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าข้อมูลใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงของสถานการณ์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการใช้เหตุผลในการวิเคราะห์และตัดสินใจ ตลอดจนแสดงถึงความคุ้นเคยจากประสบการณ์เดิมและความคล่องแคล่วในการนำข้อมูลไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนที่สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงข้อมูลได้เพียงบางส่วน ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดในการเชื่อมโยงข้อมูลหรือขาดความมั่นใจในการใช้เหตุผลเชิงวิพากษ์ ส่งผลให้ไม่สามารถระบุข้อตกลงเบื้องต้นได้อย่างครบถ้วน ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าโดยภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่สามารถพิจารณา เชื่อมโยงข้อมูล และบูรณาการองค์ความรู้ด้าน STEM เพื่อแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้

การนิรนัย

จากผลการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดวิเคราะห์และพิจารณาเหตุและผลของการวางแผนและการปรับปรุงแผนในสถานการณ์ที่กำหนดได้ โดยมีการใช้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สามารถเชื่อมโยงสาเหตุของปัญหากับแนวทางการแก้ไขได้อย่างมีระบบ อีกทั้งยังออกแบบแผนสำรองเพื่อรองรับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลองรวมถึงการปรับปรุงแผนให้เหมาะสมกับสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนบางส่วนแม้จะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นได้แต่ยังขาดความสามารถในการเชื่อมโยงเหตุและผลอย่างครบถ้วน ส่งผลให้การวางแผนหรือปรับปรุงแผนยังไม่สอดคล้องกับการคาดการณ์สถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการส่งเสริมให้นักเรียนฝึกฝนทักษะการคิดเชิงเหตุผลอย่างเพื่อที่จะส่งผลต่อการพิจารณาเหตุและผลของการวางแผนและการปรับปรุงแผนในสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตีความ

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดและพิจารณาข้อมูลเชิงเหตุและผลที่ได้จากการดำเนินกิจกรรม โดยมีการพิจารณาข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลของการทดลองที่ได้อย่างเป็นระบบและมีเหตุผล ส่งผลให้นักเรียนสามารถสรุปและสะท้อนผลจากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและชัดเจน อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนที่แม้สามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างสาเหตุและผลของการทดลองได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วน

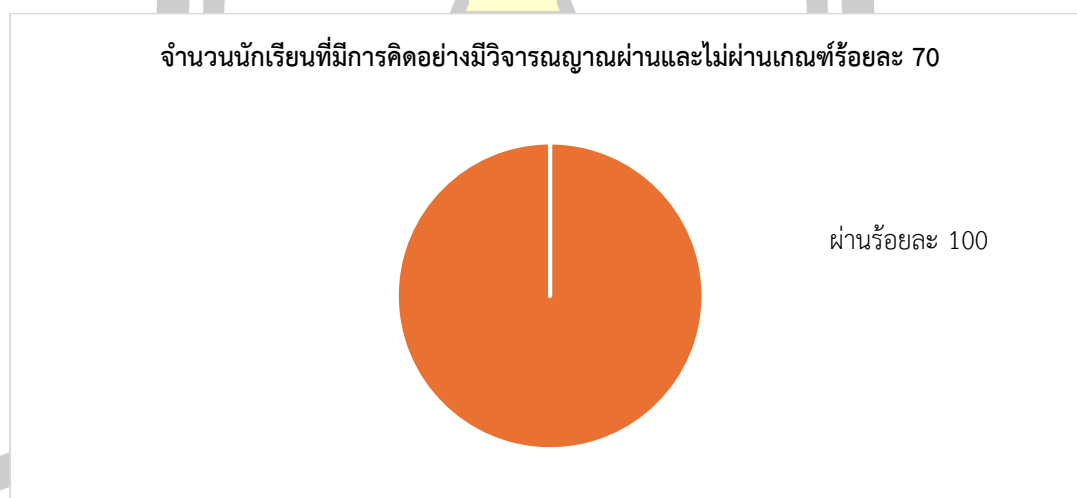
การประเมินข้อโต้แย้ง

จากการสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถประเมินข้อสรุปของข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมและสามารถพิจารณาความ

สอดคล้องระหว่างข้อสรุปกับข้อมูลและข้อผิดพลาดที่ได้ โดยใช้เหตุผลในการตัดสินความถูกต้องของข้อมูลจากการทำกิจกรรม ในขณะเดียวกันยังมีนักเรียนบางส่วนที่สามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้ แต่ไม่สามารถตัดสินความถูกต้องของข้อความได้อย่างมีเหตุผลและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

โดยผลจากการสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเมื่อครบทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ พบว่านักเรียนมีแนวโน้มจะแสดงพฤติกรรมด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นอย่างชัดเจนมากที่สุด ขณะที่พฤติกรรมด้านการนิรนัยปรากฏน้อยที่สุด ทั้งนี้พฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ

3.3) นำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนครบทุกแผนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยทำการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนครบทั้ง 3 แผน พบว่ามีผลดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 จำนวนนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของความสามารถอย่างมีวิจารณญาณ หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 10 พบว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่คะแนนผ่านเกณฑ์การคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งหมด 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด โดยคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนแสดงในตารางที่ 14

จากตารางที่ 14 พบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณแต่ละด้านพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านเท่ากับ 13.18 14.35 12.47 11.12 และ 11.18 สำหรับด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการสรุปข้อโต้แย้ง ตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าด้านตีความคะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ส่วนด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นมากที่สุด ทั้งนี้คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ด้านนอกเหนือจากนั้น ยังพบว่าจำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

จากการวิเคราะห์แบบบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ คะแนนแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ผู้วิจัยได้สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ด้านการจัดกิจกรรม - นักเรียนไม่สามารถสะท้อนปัญหาเชื่อมโยงกับผลการทดลอง - อุปกรณ์ชำรุดขณะทำการทดลองทำให้เสียเวลาในการซ่อม	- ครูกระตุ้นพร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์พร้อมเชื่อมโยงปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดลอง พร้อมสรุปกิจกรรมและความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้ เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นการเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่ นักเรียน - เตรียมอุปกรณ์สำรองให้เพียงพอ
ด้านครูผู้สอน 1. ผู้สอนยกตัวอย่างไม่เพียงพอ	1. ผู้สอนนำตัวอย่างมาเพิ่มในการทำกิจกรรม

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ที่ได้รับแบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 2 วงจรปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลตามลำดับดังต่อไปนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 54.88 คิดเป็นร้อยละ 68.60 โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 ของกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 62.29 คิดเป็นร้อยละ 77.87 ซึ่งมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ที่ได้รับแบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 2 วงจรปฏิบัติการ มีประเด็นที่น่าสนใจมาอภิปรายดังนี้

การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 54.88 คิดเป็นร้อยละ 68.60 โดย นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 62.29 คิดเป็นร้อยละ 77.87 ซึ่งมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 17 คน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวช่วยให้นักเรียนทุกคนสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด การพัฒนาที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้จากธรรมชาติของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผน ออกแบบ และสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง กิจกรรมลักษณะนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ ทดลอง เก็บรวบรวมและตีความข้อมูล เพื่อสร้างคำอธิบายและข้อสรุปเชิงหลักการ ซึ่งสอดคล้องกับ Lou, et al. (2011) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง อันจะนำไปสู่การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และการประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งผลการวิจัยในครั้งนี่ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nurazmi (2021) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM-Problem Based Learning พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เมื่อนักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 11.47 10.59 11.82 10.82 และ 10.18 สำหรับด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการสรุปข้อโต้แย้ง ตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น และการสรุปข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนมีปัญหาในด้านการศึกษาข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้อาณาการมาอธิบายในส่วนของ STEM เพื่อชี้แจงปัญหา สังเกตได้จากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมักเดินเข้ามาสอบถามครูอยู่ตลอดเวลาเกี่ยวกับวิธีการดำเนินงาน เช่น ต้องทำอะไร เชื่อมโยงข้อมูลอย่างไร หรือควรเริ่มต้นจากจุดใด อีกทั้งยังสอดคล้องกับพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ได้เพียงบางส่วนซึ่งยังไม่ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมดที่ปรากฏในสถานการณ์ รวมถึงยังไม่

เห็นถึงความสำคัญของการวางแผน เช่น ในขณะการออกแบบขั้นการวางแผนการฉุกเฉิน นักเรียนในกลุ่มไม่สามารถวางแผนสำรองเพื่อแก้ปัญหาหรือคาดการณ์ถึงแผนสำรองได้ แล้วสรุปผลข้อมูลการทดลองที่ได้กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ทำให้เห็นถึงคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังที่ สุนทร สิ้นธพานนท์, วรรัตน์ วรณเลิศลักษณ์ และพรณี สิ้นธพานนท์ (2555) กล่าวว่าวิธีการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอนที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักคิดในสิ่งที่เรียน รู้จักคิดในแง่การตีความหมายในรายละเอียด รู้จักขยายผลของสิ่งที่คิด และปรับสิ่งที่ได้จากการคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนด อีกทั้งพฤติกรรมในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่แสดงออกในด้านต่าง ๆ มีแสดงออกจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น โดยพฤติกรรมด้านการสรุปอ้างอิงเป็นด้านที่นักเรียนแสดงออกมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ และกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องกับสาเหตุด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม ในขณะที่พฤติกรรมด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นเป็นด้านที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์เพียงพอในการเรียนรู้ด้วยกระบวนการใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้ยังไม่สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เพื่อใช้ในการชี้แจงและแก้ไขปัญหาตามบริบทของสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้โดยปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 62.29 คิดเป็นร้อยละ 77.87 ซึ่งมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด 17 คน อีกทั้งคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านองค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณเท่ากับ 13.18 14.35 12.47 11.12 และ 11.18 สำหรับด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการตีความ และด้านการสรุปข้อโต้แย้งตามลำดับ จากข้อมูลพบว่าด้านสรุปข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเนื่องจากนักเรียนบางส่วนสามารถประเมินข้อสรุปของสถานการณ์ได้แต่ไม่สามารถสะท้อนผลสรุปข้อมูลการทดลองที่คาดเคลื่อน โดยที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด ส่วนด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นเป็นด้านที่มีค่ามากที่สุด เพราะครูผู้สอนได้ทำการกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนที่ต่อเนื่องจากขั้น การยืนยันปัญหา เช่น ในการแก้ปัญหานั้นนักเรียนควรมีความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้าง เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลหา ในการระบุความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นเป็นองค์

ความรู้ของ STEM ร่วมกัน ดังที่ จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558) กล่าวว่าผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้คะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ด้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรพร บุญกิตติ (2564) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสอดแทรกผนวกกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานภายใต้กรอบแนวคิดสะเต็มใน (STEM-PBL) เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณพัฒนาขึ้นในทุกองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, et al. (2011) ที่พบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนให้แก้ปัญหาต่าง ๆ ทีละขั้นตอน นำไปสู่ความสำเร็จ ช่วยเพิ่มความสามารถประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้ อีกทั้งพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่แสดงออกจากรายงานน้อย ได้แก่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านการนิรนัย ด้านการประเมินข้อโต้แย้ง และด้านการตีความ โดยด้านการสรุปอ้างอิงยังคงเป็นด้านที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมได้มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในการสังเคราะห์ข้อมูลและแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้รับ ขณะที่พฤติกรรมด้านการตีความเป็นด้านที่นักเรียนแสดงออกได้น้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนบางส่วนแม้จะสามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้แต่ยังขาดทักษะในการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างสาเหตุและผลของการทดลองได้อย่างสมบูรณ์และครอบคลุม ส่งผลให้การตีความผลลัพธ์ของสถานการณ์ยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควรอันเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติมในการจัดการเรียน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในทั้งสองวงจรปฏิบัติการ พบว่า พฤติกรรมที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนที่เพิ่มขึ้นในการพิจารณาและตัดสินใจข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด โดยนักเรียนสามารถอ้างอิงข้อมูลจากสถานการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม และนำไปสู่การสรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องอย่างมีระบบมากยิ่งขึ้น สาเหตุของการพัฒนาดังกล่าวอาจเกิดจากการที่นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังที่ วรรณิสา ร้อยกรอง (2562) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากการสืบเสาะลงมือสำรวจตรวจสอบค้นคว้าทดลองเก็บข้อมูลหลักฐานหรือประจักษ์พยานเพื่อตีความแปลความนำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นความรู้แนวคิดหรือหลักการ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาได้ อีกทั้งผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนสะท้อนปัญหาและเชื่อมโยงข้อมูล กระตุ้นพร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์เชื่อมโยงข้อมูลและปัจจัย ต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อ

สถานการณ์หรือผลของการทดลองที่ได้ ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อแก้ไขปัญหาที่อยู่ในบริบทจริง นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ทักษะการสรุปอ้างอิงจากข้อมูล การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น การนิรนัยข้อมูลอย่างมีเหตุผล และการวางแผนฉุกเฉินในกรณีที่แผนหลักไม่สามารถดำเนินการได้ นอกจากนี้ นักเรียนยังมีการพัฒนาการในการตีความสถานการณ์ตามข้อเท็จจริง และสามารถประเมินข้อโต้แย้งได้อย่างมีเหตุผล โดยอิงจากข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังที่ วศิณย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการเผชิญปัญหาที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตจริง และใช้ความรู้จากหลายศาสตร์ในการหาทางออก ซึ่งเป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างมีระบบและเป็นเหตุเป็นผล

จากการอภิปรายผลในวงจรปฏิบัติการทั้ง 2 วงรอบ ทำให้เห็นพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอาจเป็นผลมาจากนักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว รู้จักการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม ดังที่ วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ สนใจ เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้และทำการศึกษา ค้นคว้าจนพบคำตอบด้วยตนเองและรู้จักการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม แล้วนำความรู้ที่ได้มา ร่วมกันอภิปราย ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้ นักเรียนยังได้บูรณาการความรู้ STEM นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแก้ปัญหาในรูปแบบการออกแบบชิ้นงานการทดลอง เพื่อได้มาซึ่งการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด ดังที่ สรวิทย์ นาคเกษม (2563) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา เป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยบูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมและพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้ เนื่องจากคะแนนพฤติกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนักเรียนแต่ละวงจรปฏิบัติการมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากนักเรียนจะพบว่า การที่นักเรียนมีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่องนั้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีความสนุกสนานและให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีอิสระในการค้นหาข้อมูลในการหาข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ได้ เพื่อนำความรู้ที่ได้มาออกแบบวางแผนการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่ได้

พบเจอ นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมยังส่งเสริมการทำงานเป็นทีมยอมรับในการตัดสินใจของเพื่อนร่วมกลุ่ม และร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย มีการช่วยเหลือกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม และสามารถนำเสนอผลงานได้อย่างมีเหตุผล

จากการอภิปรายผลในวงจรปฏิบัติการทั้ง 2 วงรอบ ทำให้เห็นพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอาจเป็นผลมาจากนักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัว รู้จักการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม ดังที่ วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร (2562) กล่าวว่าจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้ สนใจ เพื่อให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้และทำการศึกษา ค้นคว้าจนพบคำตอบด้วยตนเองและรู้จักการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม แล้วย่นำความรู้ที่ได้มา ร่วมกันอภิปราย ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้นักเรียนยังได้บูรณาการความรู้ STEM นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแก้ปัญหาในรูปแบบการออกแบบชิ้นงานการทดลอง เพื่อได้มาซึ่งการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด ดังที่ สรวิทย์ นาคเกษม (2563) กล่าวว่าจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา เป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยเน้นให้ผู้เรียนแสวงหาและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยบูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ทำให้เกิดประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมและพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้ เนื่องจากคะแนนพฤติกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนักเรียนแต่ละวงจรปฏิบัติการมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากนักเรียนจะพบว่า การที่นักเรียนมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องนั้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีความสนุกสนานและให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีอิสระในการค้นหาข้อมูลในการทำข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ได้ เพื่อนำความรู้ที่ได้มาออกแบบวางแผนการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่ได้พบเจอ นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมยังส่งเสริมการทำงานเป็นทีมยอมรับในการตัดสินใจของเพื่อนร่วมกลุ่ม และร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย มีการช่วยเหลือกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม และสามารถนำเสนอผลงานได้อย่างมีเหตุผล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลงานวิจัยไปใช้

1) ผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอาจใช้ระยะเวลาในช่วงบทเรียนก่อนหน้าเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นหาปัญหา และเรียนรู้กระบวนการที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

2) ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการวางแผนและนำเอาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ STEM มาบูรณาการในการแก้สถานการณ์ปัญหา เนื่องจากการมีแผนที่ชัดเจนจะช่วยให้นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำแผนที่ได้วางไว้มาใช้ประยุกต์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้ทันตามเวลาที่กำหนด

3) ผู้สอนควรสรุปกิจกรรมและองค์ความรู้ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้แก่นักเรียนภายหลังจากการสะท้อนผลหรือการอภิปรายข้อโต้แย้งเสร็จสิ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามข้อสงสัย ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างองค์ความรู้และเติมเต็มประเด็นที่นักเรียนอาจยังขาดหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน

4) ผู้สอนควรดำเนินการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ให้มีความเพียงพอต่อการใช้งาน รวมถึงจัดเตรียมอุปกรณ์สำรองไว้ในกรณีที่อุปกรณ์หลักเกิดความชำรุดระหว่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการเสียเวลาในการซ่อมแซมซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

5) ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะการหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถามหรือแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญให้มีความเหมาะสมในแต่ละด้าน เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือมีความเหมาะสมและวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

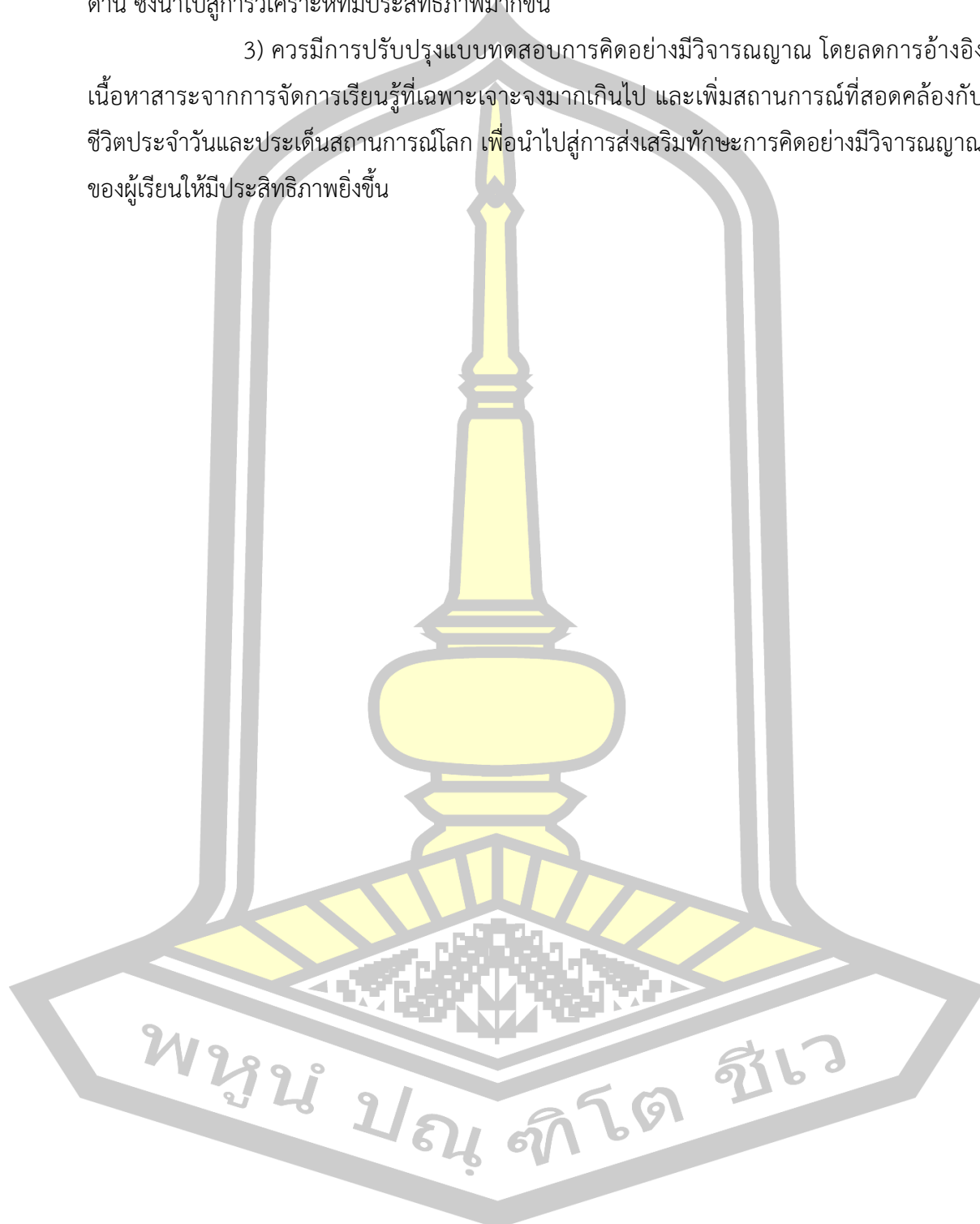
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปบูรณาการร่วมกับรายวิชาอื่นที่มีลักษณะเหมาะสม ได้แก่ รายวิชาที่สามารถเชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตจริง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้จากหลายสาขาวิชา เพื่อต่อการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม เช่น รายวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โลกศาสตร์ ทั้งนี้ เพื่อเสริมสร้างความเชื่อมโยงขององค์ความรู้ระหว่างรายวิชา เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ และพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน อาทิ ทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์เชิงระบบ และทักษะความร่วมมือระหว่างผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหลากหลายและลึกซึ้งมาก

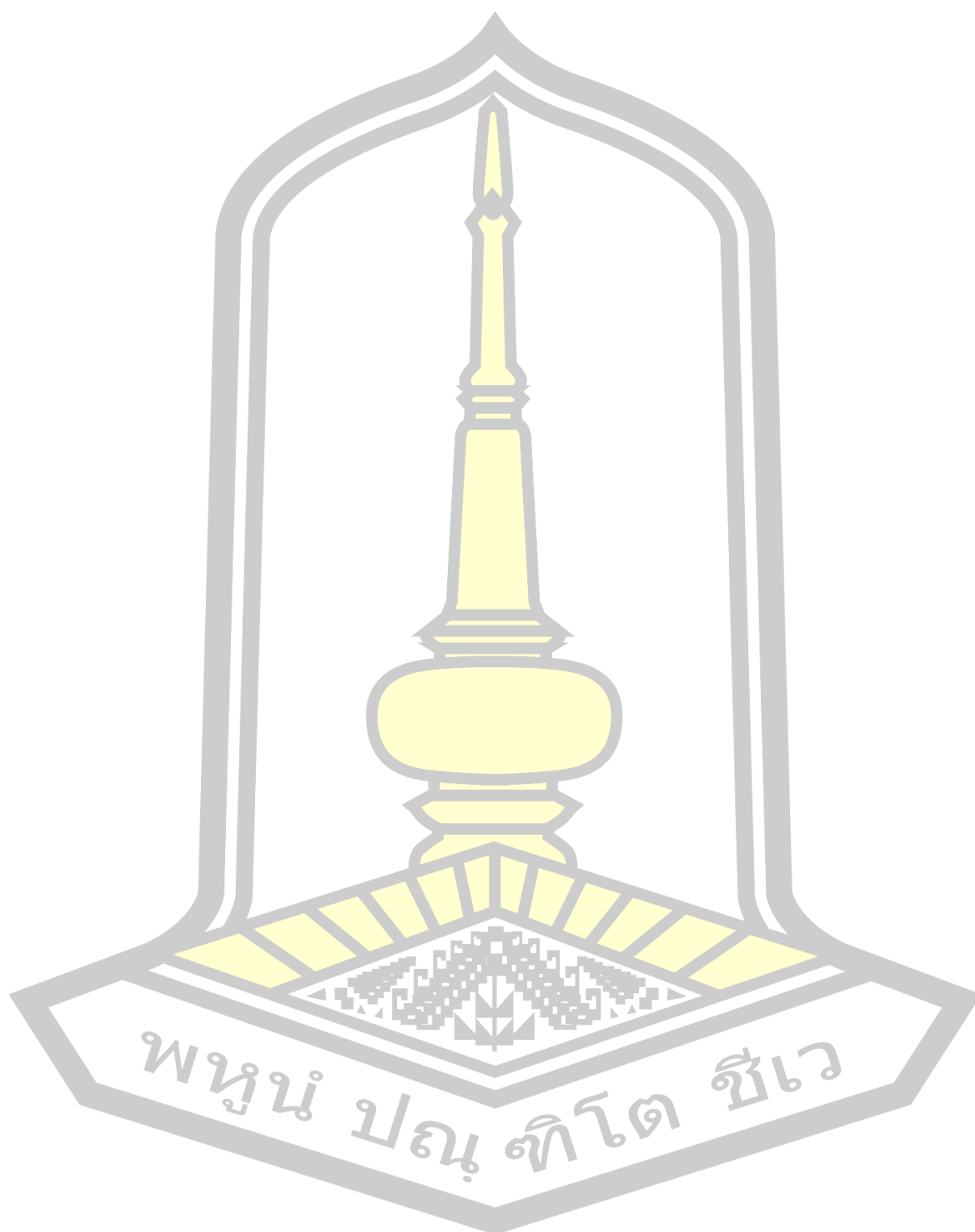
2) ควรปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนการสังเกตพฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ให้มีรายละเอียดต่างที่ชัดเจนมากขึ้น เพราะจะได้รายละเอียดในการสังเกตชัดเจนและครอบคลุมทุกด้าน ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3) ควรมีการปรับปรุงแบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยลดการอ้างอิงเนื้อหาสาระจากการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงมากเกินไป และเพิ่มสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันและประเด็นสถานการณ์โลก เพื่อนำไปสู่การส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กมลฉัตร กล่อมอิม.(2560).การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) : รายวิชาการออกแบบและพัฒนาหลักสูตร สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู.วารสาร บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 11.ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2560).179-192. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JournalGradVRU/article/view/97771/76160>
- กรวิทย์ เกื้อคลัง.(2561).ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล และสภาพยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 18. ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2561).124-135. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/eduthu/article/view/148516/119663>
- กนกวรรณ เจียวน้ำชุม.(2563).การพัฒนาทักษะการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนบ้านดงน้อยสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษา นครพนม เขต 2(วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร). https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/file_att1/2020080858421236104_fulltext.pdf
- เจริญพงศ์ ชมพูนุช.(2563).ปัจจัยที่ส่งผลต่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ดานการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์.วารสารครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ปีที่ 6. ฉบับที่ 11 (มกราคม - มิถุนายน 2564).39-55. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/62063/97514
- ฐิตินันท์ ดาวศร.(2561).แนวทางการจัดการเรียนรู้ของสถานศึกษาในศตวรรษที่ 21.วารสารวิชาการ มนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ที่ 11. ฉบับ ที่ 1.60-74. file:///C:/Users/Namfon-PC/Downloads/%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%A

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์.(2558). 80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 6).

นนทบุรี: พี บาลานซ์ดีไซด์แอนพริ้นดี.

ชุติมา พันธุมมาตร.(2562).การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ และจิตวิทยาาสตร์ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงออกแบบ.วารสาร
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับที่ 19 ฉบับที่ 2 (2021).288-305.

<https://so02.tci->

thaijo.org/index.php/suedujournal/article/view/247615/171375

ณัฐ เนาว์ช้าง.(2562).ผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถ ในการคิดอย่างมี

วิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเมืองคง จังหวัดนครราชสีมา

(วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา

,มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช).[https://ir.stou.ac.th/bitstream/123456789/11215/](https://ir.stou.ac.th/bitstream/123456789/11215/1/fulltext.pdf)

[1/fulltext.pdf](https://ir.stou.ac.th/bitstream/123456789/11215/1/fulltext.pdf)

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์.(2564). การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็น
ฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
4 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยนเรศวร).

<https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/4066/3/62060545.pdf>

นวลลอ ทินานนท์. (2545). การคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้.วารสารศิลปกรรมศาสตร์.10(2), 36-42

นิตยา ภูผาบาง. (2559). การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาตติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อ
พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
2 (วิทยานิพนธ์ มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยบูรพา)

ทองจันทร์ หงส์ดามมภ์.(2531). ทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving Skills) กับการเรียนรู้โดย
ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning). กรุงเทพมหานคร : หน่วยแพทยศึกษา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปรียาภรณ์ ขาวทอง .(2564).การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อ
ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ เรื่อง รูปหลายเหลี่ยมของนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยนเรศวร).

http://www.edu.nu.ac.th/th/news/docs/download/2021_07_16_14_22_34.pdf

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ.(2556).การพัฒนาการคิด.เทคนิค ฟรินตั้ง, กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพชร ไปเจอะ.(2563).การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด.มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 15 ฉบับที่2 (เมษายน – มิถุนายน 2564) 239-251.

<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NRRU/article/view/244485/170808>

พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. (2556). STEM Educationกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร, 33(2), 49-56.

พรศรี ดารุ่งสุวรรณค์.(2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (ปริญญาโทพัฒนศึกษามหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

บุญชุม ศรีสะอาด. (2546). การวิจัยสำหรับครู. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประสานมิตรวรวิทย์ ต้นชนะเทวินทร์.(2563).การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL).วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย ปีที่ 10. ฉบับที่ 4 (ตุลาคม – ธันวาคม 2563).29-36. [https://casjournal.cas.ac.th/admin/filedocuments/1613382182-4-ED031-T\(29-36\).pdf](https://casjournal.cas.ac.th/admin/filedocuments/1613382182-4-ED031-T(29-36).pdf)

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร.(2561).หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2561). มุกดาหาร.

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร.(2566).รายงานผลการประเมินตนเองของสถานศึกษา

(Self-Assessment Report : SAR) ปีการศึกษา 2566. มุกดาหาร.

วรรณิสา ร้อยกรอง.(2562).การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสำรวจและการผลิตปิโตรเลียมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์,ปีที่ 14. ฉบับที่ 3 (กันยายน-ธันวาคม 2562) .135-148. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/JSSRA/article/view/187142/162145>

วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร.(2562).การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตและระบบประสาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์นี้มหาบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).
<https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2562/M126846/Limsingkon%20Walailuk.pdf>

วนิดา ปานโต. (2543). การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีการตรวจให้คะแนนและจำนวนข้อของแบบทดสอบต่างกัน (ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา.(2559).เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา) (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันดี ต่อเพ็ง.2553.ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษาวิทยาลัย ,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
https://ir.swu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/858/1/Wundee_T.pdf

วาโร เฟื่องสวัสดิ์. (2551). วิธีวิทยาการวิจัย. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน.

ศักดิ์ริน ปินหริ่ม.(2564).การพัฒนาแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุวิภาค (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
<https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/17834/1/6320120255.pdf>

สรวิทย์ นาคเกษม.(2563).การศึกษามลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งาน

และผลงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยบูรพา). <https://ir.buu.ac.th/dspace/bitstream/1513/212/1/61920127.pdf>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). รู้จักเพิ่มเติม: STEM Education Thailand. สืบค้น 21 กันยายน 2567, จาก http://www.stemedthailand.org/?page_id=23%20

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).(2559).คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา (ม.1-ม.6) (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว สานิตรี เครือใหญ่. (2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณ์ญาณ ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้ ด้วยวงจรการเรียนรู้ กับการสอนที่เน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ (ปริญญา นิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

สายชล สุกร.(2562).การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยนเรศวร). http://www.edu.nu.ac.th/th/news/docs/download/2020_06_11_15_43_28.pdf

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2556). เอกสารคำสอนรายวิชา 366316 การจัดการเรียนรู้//.พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์ (2555) พัฒนาทักษะการคิด ตามแนวปฏิรูปการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ : 9119 เทคนิคพรินต์

สุนันทา สายวงศ์. (2544). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาด้วยการสอนโดยใช้เทคนิคหมวกหกใบและการสอนแบบซินดิเคท (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

สุพธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา, วารสารศึกษาศาสตร์ มสร. 10, 2 (n.A. - s.A. 2560), 13-34. <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:138089>

- สุภามาส เทียนทอง. (2553). การศึกษาศักยภาพความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน(วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยศิลปากร)
- สมนึก ภัททยธนี. (2546). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาสสินธุ์ ประสานการพิมพ์ .
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถของเด็กในการอ่าน คิด วิเคราะห์ เขียน และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: สำนักงานฯ.
- หัตสนัส เพ็งสันเพียะ.(2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (ปริญญาานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ). <http://ir-thesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1306/1/gs601130142.pdf>
- อรอนงค์ เมืองคง .(2565).การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยนเรศวร). <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/5056/1/62090160.pdf>
- อรุณี รัตนวิจิตร. (2543). ผลของการฝึกการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่งนางแนววิทยา อำเภอง่วงน้อย จังหวัดขอนแก่น (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
- อาทิตยา คำมามุง.(2560).การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องปฏิกิริยาเคมีและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา(วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตศึกษา,มหาวิทยาลัยรังสิต). <https://rsuir-library.rsu.ac.th/bitstream/123456789/1017/1/ARTITAYA%20KHAMMAMUNG.pdf>
- Barrows, H. S. (1996). Problem –Based Learning in Medicine and Beyond: a Brief Overview. In L. Wilkerson and W.H. Gijsselaers (eds.) Bringing Problem –Based

Learning to Higher Education. Theory and Practices. San Francisco: Jossey-Bass.

Capraro, M. M., & Jones, M. (2013). Interdisciplinary STEM Project-Based Learning. In R. M. Capraro, M. M. Capraro, & J. R. Morgan (Eds.), *Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Technology (STEM) Approach* (pp.51-58). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_6

Dola Suciana, Hartinawati, Inas Sausan, and Meliza.2023. Meta-Analysis Study: The Effect of Problem Based Learning Integrated with STEM on Learning Outcomes. *European Journal of Education and Pedagogy*.www.ej-edu.org. DOI :<http://dx.doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.2.619.133-138>

Gijselaers, Wim H. (1996). “Connecting problem- based practices with educational theory”. In Wilkerson, L and Gijselaers, Wim H. (eds.) *Bringing Problem – Based Learning to Higher Education. Theory and Practices*. San Francisco: Jossey-Bass.

Hmelo, C. E., & Evensen, D. H. (2000). *Problem-Based Learning: Gaining Insights on Learning Interactions Through Multiple of Inquiry (1st ed.)*. New York: Routledge

Irfan Topsaka.2022.The Effect of Problem-based STEM Education on the Students’ Critical Thinking Tendencies and Their Perceptions for Problem Solving Skills. *Science Education International* 33(2), 136-145 , <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i2.1>

Kay, K. & Greenhill, V. (2011). *Twenty-First Century Students Need 21st Century Skills*. In Wan, G.& Gut, D. M. (Eds.). *Bringing Schools into the 21st century*. New York: Springer.

Kemmis, S. (1988). “Action Research” In Keeves, J.P. (eds.). *Educational Research, Methodology, and Measurement: An International Handbook*. Oxford: Pergamon Press. 42-49

Knowles, M.S. (1975). *Self-Directed Learning : A Guide for Learners and Teachers*.

Chicago : Follett Publishing Company. <https://eric.ed.gov/?id=ED114653>.

Lou, S.J., Shih, R.C., Diez, C.R. and Tseng, K.H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school student.

International Journal of Technology and Design Education,10798(21),199.

DOI:10.1007/s10798-010-9114-8

Mallam. (2017). Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education- Mahmoud A.

Allam. Retrieved July 21, 2024, from <https://cte-blog.uwaterloo.ca/?p=5953>.

Nurazmi.(2021). Integrated STEM-Problem Based learning Model : Its Effect on

Students' Critical Thinking. Kasuari : *Physics Education Journal 4(2) (2021) 70-77* P-ISSN: 2615-2681 E-ISSN: 2615-2673.

<https://journalfkipunipa.org/index.php/kpej/article/view/219>

Schmidt, Henk G. (1983). The Rationale Behind Problem Based Learning. *Med Educ*.

17,11-16. file:///C:/Users/Namfon-PC/Downloads/schmidt1983.pdf

T R Cahyani, Dwikoranto, B K Prahani, S Admoko (2022). The Effect of Problem Based

Learning (PBL) Model on Students' Critical Thinking Ability in Sound Wave Material. *Studies in Philosophy of Science and Education*. p-ISSN: 2722-3523;

e-ISSN: 2721-9267SiPoSE, Vol. 4, No. 3, November2023 Page: 112-122

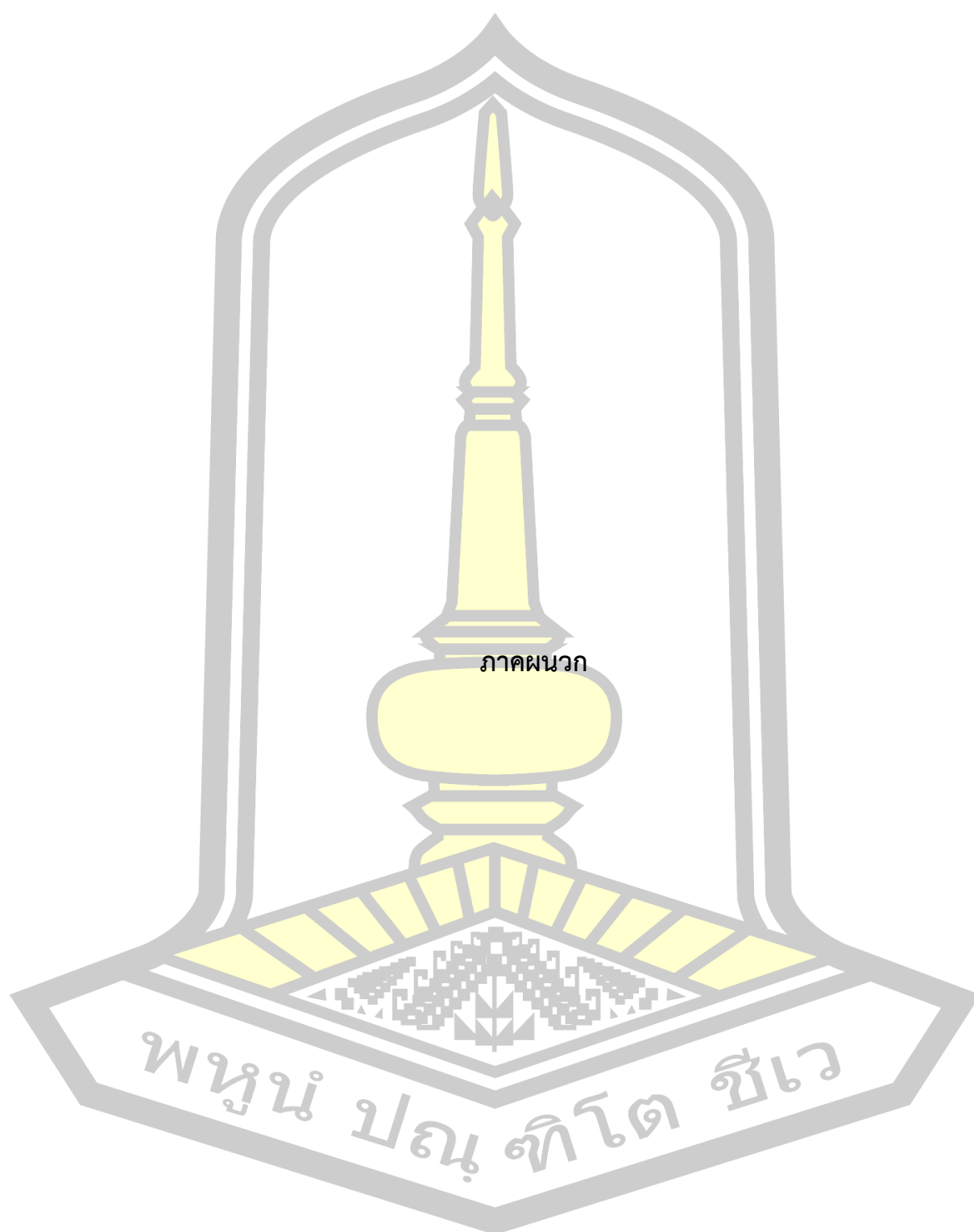
<https://doi.org/10.46627/sipose.v4i3.281>.

Vasquez, J. (2014/2015). STEM: beyond the acronym. *Educational Leadership*,

Dec./Jan.,10-16

Wright, R.T. (2012). *Technology & engineering* (6th ed.). Technology & Engineering

Teacher, United States of America: The Goodheart-Willcox Company, Inc



ภาคผนวก ก ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
(ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา)



แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา ว31202 (ฟิสิกส์เพิ่มเติม)	จำนวน 1.5 หน่วยกิต	เวลาเรียน 60 คาบ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 1	ปีการศึกษา 2567
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1	เรื่อง งานและพลังงาน	เวลาเรียน 12 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	เรื่อง งานและกำลัง	เวลาเรียน 2 ชั่วโมง
ครูผู้สอน นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์	โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร	

สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

งาน (work) จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการกระจัด(การกระจัดไม่เท่ากับศูนย์) โดยปริมาณงานที่ทำจะขึ้นกับแรงและการกระจัด มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร (N.m) หรือเรียกว่า จูล (Joule) “J”

กำลัง (power) คือ อัตรา การทำงานหรืองานที่เกิดขึ้น ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไป ความหมายกำลังจากนิยามจะ หมายถึงกำลังเฉลี่ย มีหน่วย เป็น จูล/วินาที (J/s) หรือ เรียกว่า วัตต์ (Watt) “W”

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกล ของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ว 4.1 ม 4-6/1 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง และอธิบายการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 4.1 ม 4-6/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงานและกำลังได้

ด้านทักษะ (P)

- นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้
- นักเรียนสามารถคำนวณทั้งปริมาณงานที่ทำและกำลังเฉลี่ยได้

คุณลักษณะ (A)

- นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- 1.ความสามารถในการสื่อสาร
- 2.ความสามารถในการคิด
- 3.ความสามารถในการแก้ปัญหา

สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์-งาน -กำลัง	- เครื่องมือในการจับ เวลาหรือ แอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อจับ เวลาที่แม่นยำในการทดลองแต่ละครั้ง - แอปพลิเคชันวัดมุม	การออกแบบแผนการทดลองเพื่อ หาวิธีการดึงหรือเลื่อนวัตถุให้เกิด การกระจัดตามที่ต้องการ	การใช้สูตรในการคำนวณงาน และกำลัง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
ขั้นตอนที่ 1: การยืดยานปัญหา (10 นาที)

1. ครูเปิดคลิปสั้น ๆ เกี่ยวกับการใช้แรงเลื่อนกล่องแล้วร่วมกันอภิปรายปัจจัยต่างที่เกิดขึ้น
ในขณะที่คนลากเด็กในกล่อง



ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=-PlkLVyEfRQ>

แนวคำตอบ : มุมในการลากกล่องและพื้นผิวที่กล่องสัมผัสกับพื้น

2.ให้นักเรียนเสนอแนวทางการใช้แรงที่เกิดงานและกำลังน้อยที่สุด

แนวคำตอบ : ลากในมุมน้อย หาพื้นผิวสัมผัสที่มีแรงเสียดทานน้อยหรือพื้นลื่น

3.ครูแจกใบความรู้ที่ 1

4.จากนั้นแบ่งกลุ่มนักเรียนเริ่การทำงานเป็นทีมกลุ่มละ 4 คน จำนวน 6 กลุ่มแบบคณะ

ความสามารถ

5.ครูชี้แจงสถานการณ์แก่นักเรียน

“โรงเรียนแห่งหนึ่งได้จัดกิจกรรมวันวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน โดยเน้นให้ความรู้เกี่ยวกับงานและพลังงานผ่านการปฏิบัติจริง กิจกรรมที่ได้รับความนิยมในครั้งนั้คือ “การแข่งขันเลื่อนกล่องหนังสือ” ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับงานและกำลังในสถานการณ์จริง ครูได้จัดเตรียมกล่องที่บรรจุหนังสือหนัก 8 กิโลกรัมวางอยู่บนพื้นในห้องเรียน พร้อมเส้นทางความยาว 5 เมตร

นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับหน้าที่เลื่อนกล่องด้วยแรงที่แตกต่างกัน โดยครูได้แนะนำให้พวกเขาใช้เครื่องมือวัดแรงเพื่อบันทึกค่าของแรงที่แนบกับพื้นในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องใช้เครื่องจับเวลาเพื่อวัดเวลาที่ใช้ในการเลื่อนกล่องให้ครบรอบระยะทางที่กำหนด จากนั้นพวกเขาจะต้องคำนวณปริมาณงานที่ทำในแต่ละครั้ง (Work) และกำลังเฉลี่ย (Power) ที่เกิดขึ้น โดยกลุ่มไหนใช้ทำงานในการลากกล่องหนังสือน้อยที่สุดจะได้รางวัลพิเศษจากครู”

ขั้นที่ 2 : การชี้แจงปัญหา (35 นาที)

1.ครูอธิบายขยายความรู้ในใบความรู้ที่ 1

2.จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายในกลุ่มเพื่อสรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด

เช่น ขนาดแรง ระยะทาง เวลา

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นเนื้อหา ศึกษาใบความรู้ที่ 1 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบและทดลองเพื่อคำนวณปริมาณงานและกำลังเฉลี่ยในการเลื่อนกล่อง

ขั้นที่ 3: การวางแผน (15 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการทดลอง Plan A
 - กำหนดแรงต่าง ๆ ที่ต้องการทดลอง (เช่น 5 N, 10 N, 15 N)
 - เลือกอุปกรณ์ เช่น สปริงเครื่องมือวัดแรง นาฬิกาจับเวลา
 - วางแผนบันทึกข้อมูล (แรง ระยะ เวลา)
2. ครูตรวจสอบความเหมาะสมของแผนและให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 4 : การวางแผนฉุกเฉิน (15 นาที)

นักเรียนคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น อุปกรณ์ไม่แม่นยำ แรงไม่สม่ำเสมอ วางแผนรับมือ เช่น การวางแผน Plan B เมื่อ Plan A เกิดปัญหา และการตรวจสอบอุปกรณ์ล่วงหน้า

ขั้นที่ 5 : การปรับปรุงแผน (20 นาที)

นักเรียนดำเนินการทดลองครั้งแรกและบันทึกข้อมูล ประเมินข้อผิดพลาดที่พบ เช่น การจับเวลาคลาดเคลื่อน หรือแรงที่ไม่แนบพื้น แรงดึงไม่สม่ำเสมอ
ปรับปรุงแผนการทดลองและทดลองซ้ำ

ขั้นที่ 6 : การประเมิน (25 นาที)

- 1.นักเรียนวิเคราะห์และคำนวณ โดยคำนวณปริมาณงานจากแรง ระยะ และมุม คำนวณกำลังเฉลี่ย
นำเสนอผลการทดลองและอภิปรายในชั้นเรียน
- 2.ครูสรุปแนวคิดสำคัญและให้คำถามกระตุ้นการคิดเพิ่มเติม เช่น "ถ้าพื้นไม่เรียบหรือมีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น จะส่งผลอย่างไรต่อผลลัพธ์"

สื่อการเรียนรู้

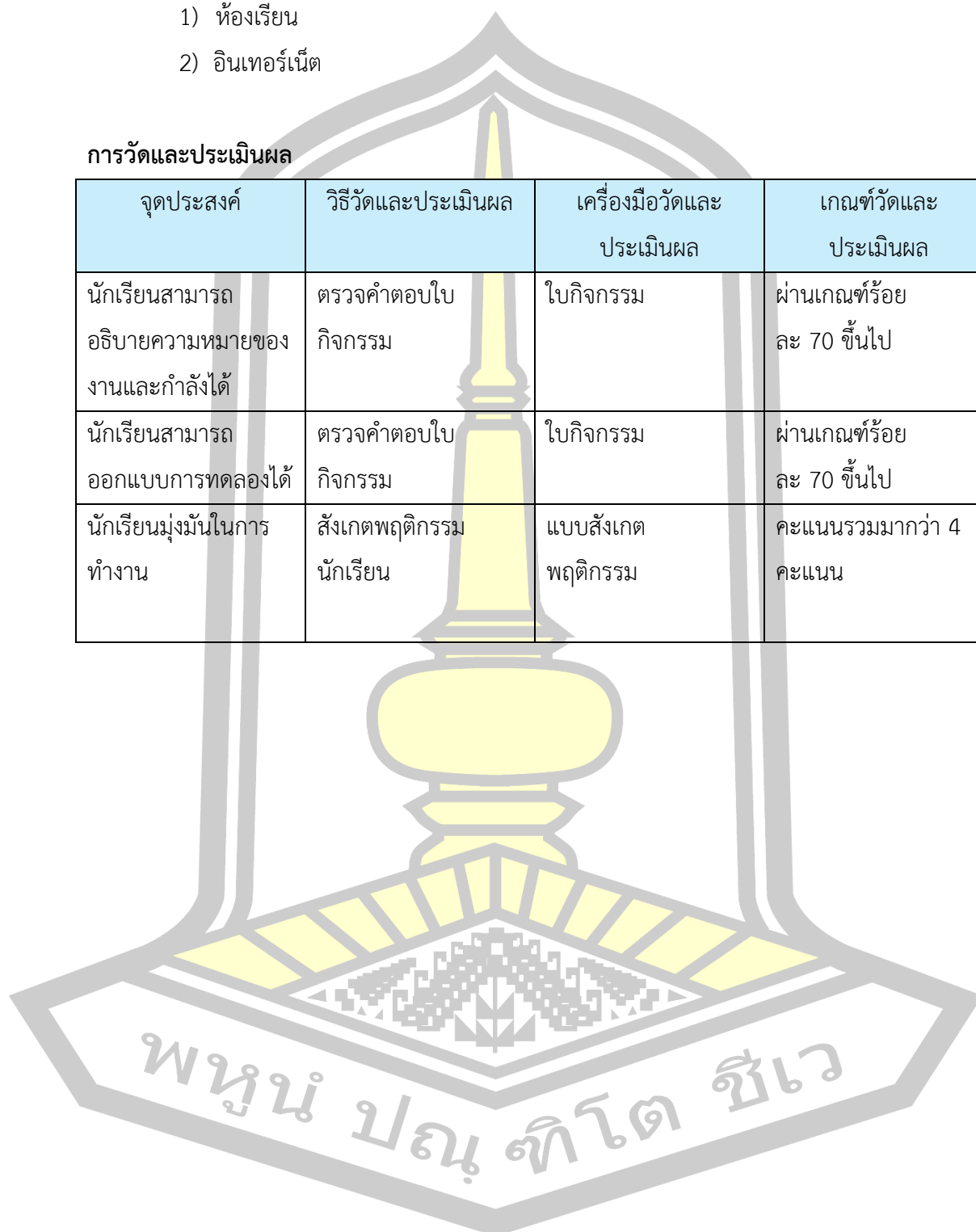
- 1.1 สื่อการเรียนรู้
 - 1) ใบความรู้
 - 2) ใบกิจกรรม

1.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) อินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์วัดและประเมินผล
นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงานและกำลังได้	ตรวจคำตอบใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้	ตรวจคำตอบใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
นักเรียนมุ่งมั่นในการทำงาน	สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	คะแนนรวมมากกว่า 4 คะแนน



เกณฑ์การประเมิน (Rubric Score)

รายการ	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงานและกำลังได้	สามารถอธิบายความหมายของงานและกำลังได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน พร้อมทั้งยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้ชัดเจน	อธิบายความหมายของงานและกำลังได้ถูกต้อง แต่ขาดการยกตัวอย่างที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	ไม่สามารถอธิบายความหมายของงานและกำลังได้ถูกต้อง หรือมีความสับสนในแนวคิด
นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้	ออกแบบการทดลองที่เหมาะสม มีการตั้งสมมติฐาน ระบุขั้นตอนและวัสดุ อุปกรณ์อย่างละเอียด พร้อมทั้งพิจารณาตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม	ออกแบบการทดลองได้ แต่ขาดความละเอียด ในขั้นตอน หรือไม่ชัดเจนในตัวแปรบางประเภท	ไม่สามารถออกแบบการทดลองได้ หรือการทดลองที่ออกแบบมีข้อผิดพลาดสำคัญที่ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้
การบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ชัดเจน และถูกต้องครบทั้ง 4 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ชัดเจน และถูกต้องครบทั้ง 1-3 ด้าน	ไม่สามารถอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในชั้นเรียน

คำชี้แจง : จงทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับคุณภาพตามพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในชั้นเรียน

กลุ่มที่	ชื่อกลุ่ม	พฤติกรรม/ระดับคะแนน						คะแนนรวม
		ความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับ มอบหมาย			ใฝ่เรียนรู้ในการ เรียนและการ ทำงาน			
		3	2	1	3	2	1	
1								
2								
3								
4								
5								

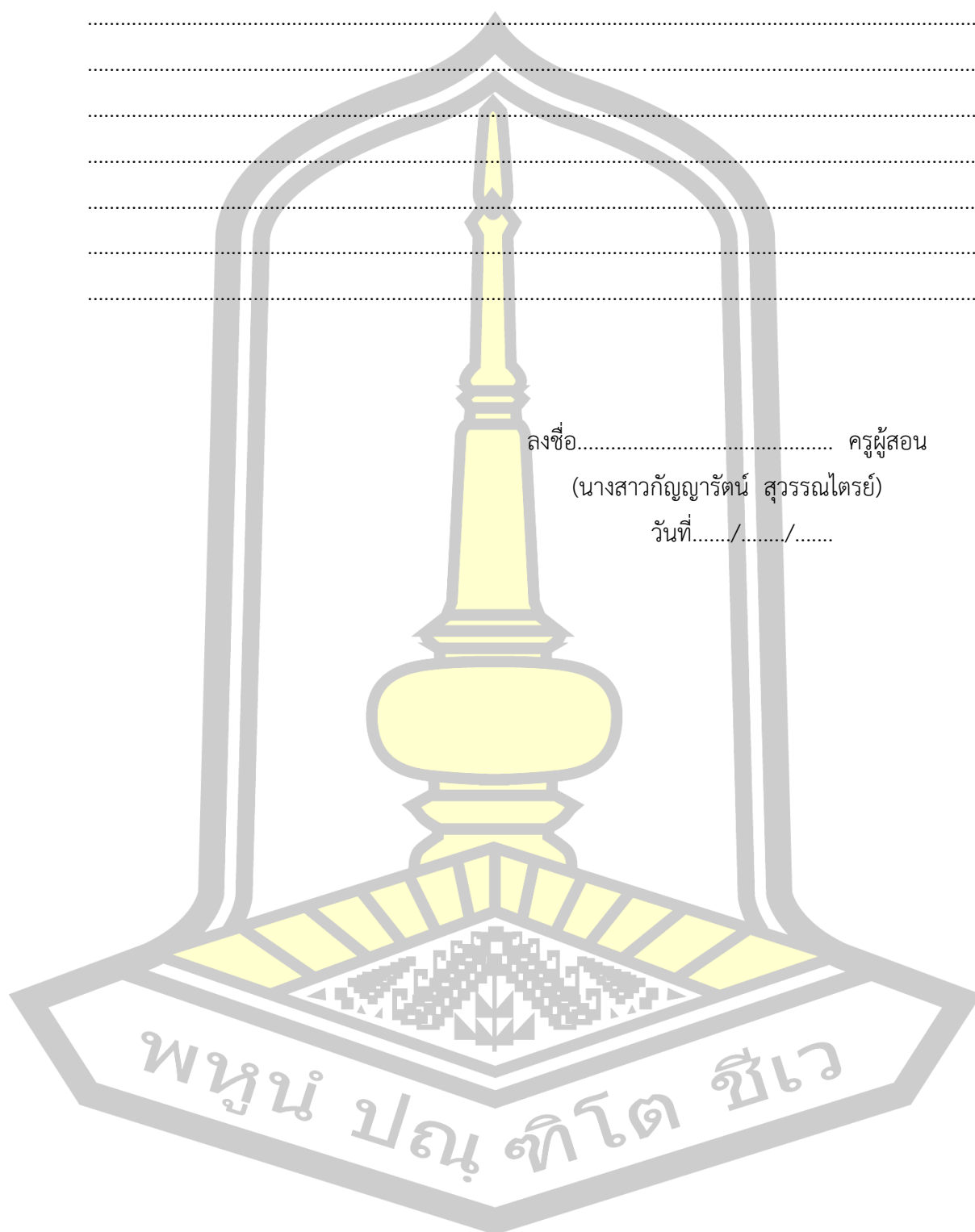
เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 70 ขึ้นไป

คะแนนรวม 6 คะแนน ต้องได้ 4 – 6 คะแนน จึงจะผ่าน

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3	2	1
ความรับผิดชอบต่องาน ที่ ได้รับมอบหมาย	ทำงานเสร็จ และส่ง ทันเวลาที่กำหนด	ทำงานเสร็จ แต่ไม่ส่ง งานในเวลาที่กำหนด	ทำงานไม่เสร็จ และไม่ส่ง งาน
ใฝ่เรียนรู้ในการเรียน และ การทำงาน	ตั้งใจทำงาน และมี ส่วน ร่วมในทุก กิจกรรมอย่าง สม่ำเสมอ	ตั้งใจทำงาน และมี ส่วน ร่วมในบาง กิจกรรม	ไม่ตั้งใจทำงาน และไม่ ค่อยมีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรม

บันทึกหลังการสอน (ผลการจัดการเรียนรู้, ปัญหา/อุปสรรค, แนวทางการแก้ไข)



ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

ทำกิจกรรมวัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิก

1).....	ชั้น.....	เลขที่.....
2).....	ชั้น.....	เลขที่.....
3).....	ชั้น.....	เลขที่.....
4).....	ชั้น.....	เลขที่.....

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้

โรงเรียนแห่งหนึ่งได้จัดกิจกรรมวันวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน โดยเน้นให้ความรู้เกี่ยวกับงานและพลังงานผ่านการปฏิบัติจริง กิจกรรมที่ได้รับความนิยมในครั้งนี้เป็น “การแข่งขันเลื่อนกล่องหนังสือ” ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับงานและกำลังในสถานการณ์จริง ครูได้จัดเตรียมกล่องที่บรรจุหนังสือหนัก 8 กิโลกรัมวางอยู่บนพื้นในห้องเรียน พร้อมเส้นทางความยาว 5 เมตร

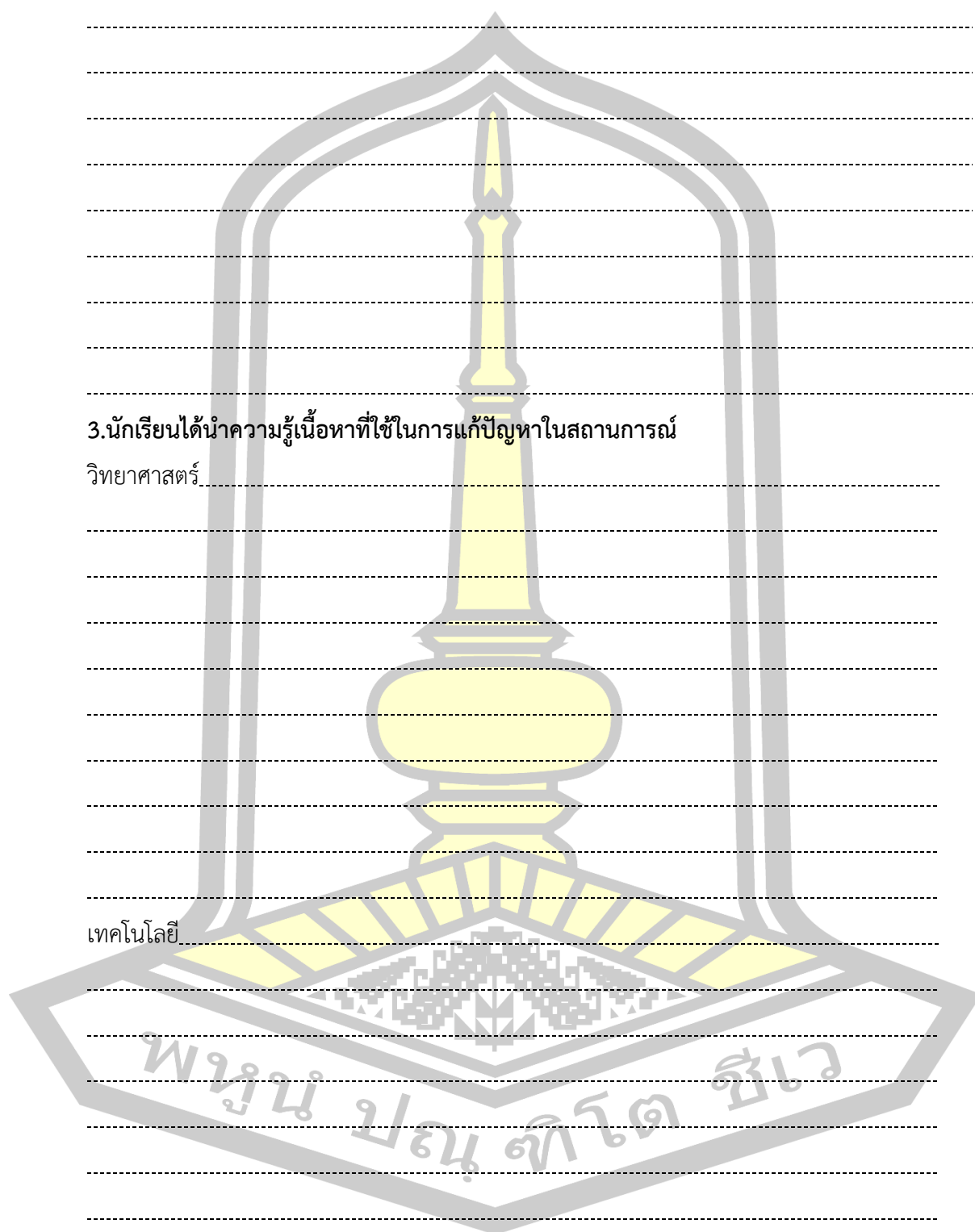
นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับหน้าที่เลื่อนกล่องด้วยแรงที่แตกต่างกัน โดยครูได้แนะนำให้พวกเขาใช้เครื่องมือวัดแรงเพื่อบันทึกค่าของแรงที่แนบกับพื้นในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องใช้เครื่องจับเวลาเพื่อวัดเวลาที่ใช้ในการเลื่อนกล่องให้ครบรอบระยะทางที่กำหนด จากนั้นพวกเขาจะต้องคำนวณปริมาณงานที่ทำในแต่ละครั้ง (Work) และกำลังเฉลี่ย (Power) ที่เกิดขึ้น โดยกลุ่มไหนใช้งานในการลากกล่องหนังสือน้อยที่สุดจะได้รางวัลพิเศษจากครู

1.จากสถานการณ์ปัญหาคือ.....

สาเหตุของปัญหาคือ.....

3.นักเรียนได้นำความรู้เนื้อหาที่ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์
วิทยาศาสตร์.....

เทคโนโลยี.....



วิศวกรรมศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คณิตศาสตร์.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

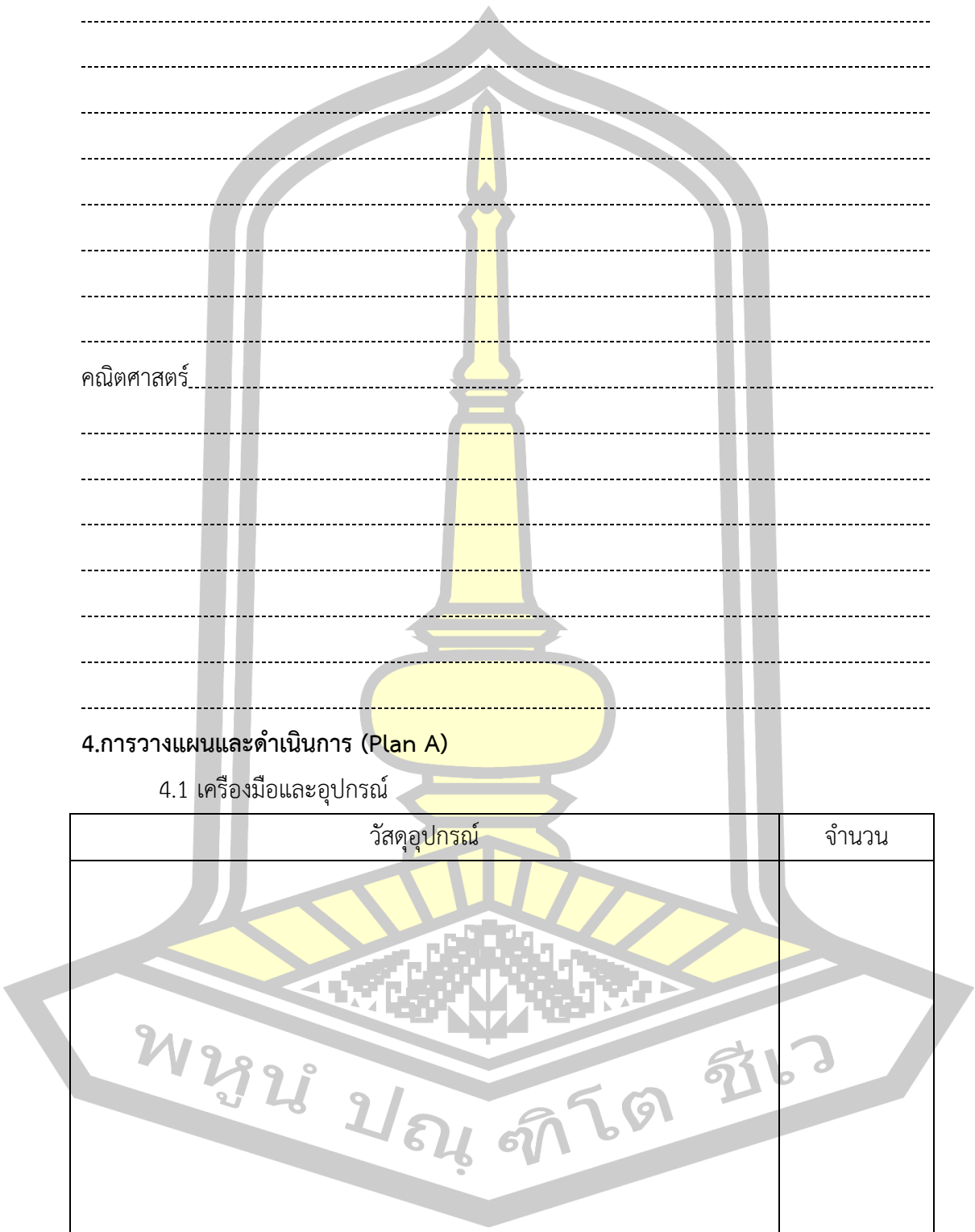
.....

.....

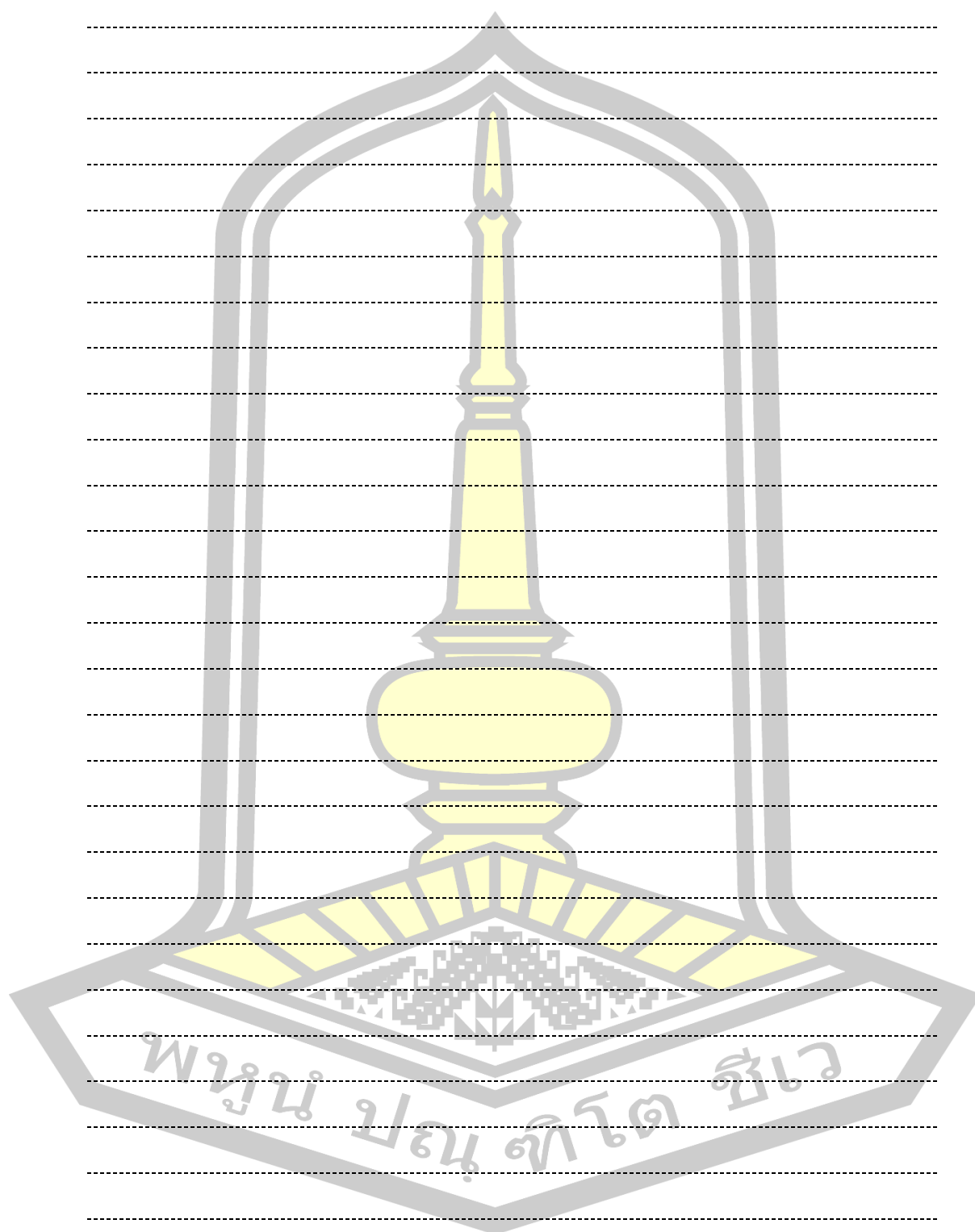
.....

4.การวางแผนและดำเนินการ (Plan A)

4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

วัสดุอุปกรณ์	จำนวน
	

4.2 วิธีการทดลอง



6.ผลการทดลอง

คำถามท้ายกิจกรรม

1.ปัจจัยใดบ้างส่งผลต่อการเกิดงานในขณะลากกล่องหนังสือ

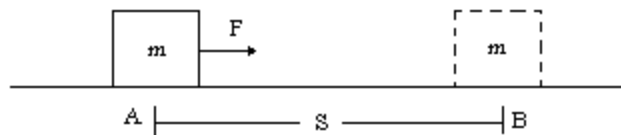
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง งานและกำลัง พร้อมยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

งานและพลังงาน

งาน (work) คือ ผลคูณของแรงกับการขจัดที่อยู่ในแนวเดียวกันเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วย เป็นจูลหรือนิวตัน-เมตร (J , N-m)

งานที่เกิดกับวัตถุที่ถูกกระทำด้วยแรงต่างๆ

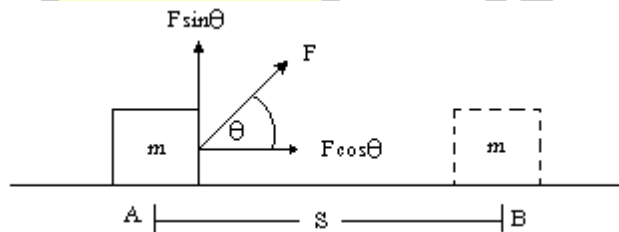
กำหนดให้วัตถุมวล m ถูกกระทำด้วยแรง F เคลื่อนที่บนพื้นราบเกลี้ยงจาก A ไป B ได้การขจัดเท่ากับ s



- ถ้า F และ S อยู่ในแนวเดียวกัน จะได้ $W = F \times s$

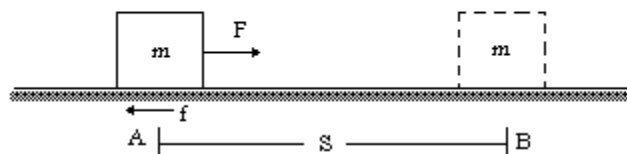
- ถ้า F และ s อยู่คนละแนวจะได้ $W = (F\cos\theta)s + (F\sin\theta)0$

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



- ถ้า $\theta = 180^\circ$ แสดงว่าแรงกับการขจัดมีทิศตรงข้ามกันส่วนใหญ่ได้แก่งานเนื่องจากแรงเสียดทาน

ทิศการเคลื่อนที่ $\rightarrow$



$$W = f\cos 180^\circ \text{ หรือ } W = -fs$$

แสดงว่า งานเนื่องจากแรงที่มีทิศตรงข้ามกับการขจัดจะต้องเป็นลบเสมอ

สรุป

งานเป็นปริมาณสเกลาร์ จึงมีได้ทั้งบวกและลบ แยกการพิจารณาได้ดังนี้

1.งานเป็นบวก คืองานอันเนื่องมาจากแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ ส่วนใหญ่ ได้แก่ งานเนื่องจากแรงที่เราให้แก่วัตถุ

2.งานเป็นลบ คืองานอันเนื่องมาจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ได้แก่ งานเนื่องจากแรงเสียดทาน

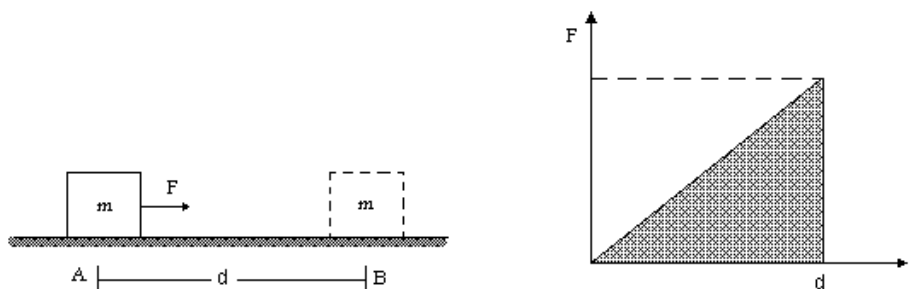
การคำนวณโจทย์เกี่ยวกับงาน แยกพิจารณาโจทย์เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. งานเนื่องจากแรงไม่คงที่กระทำต่อวัตถุ แยกเป็น 2 แบบ

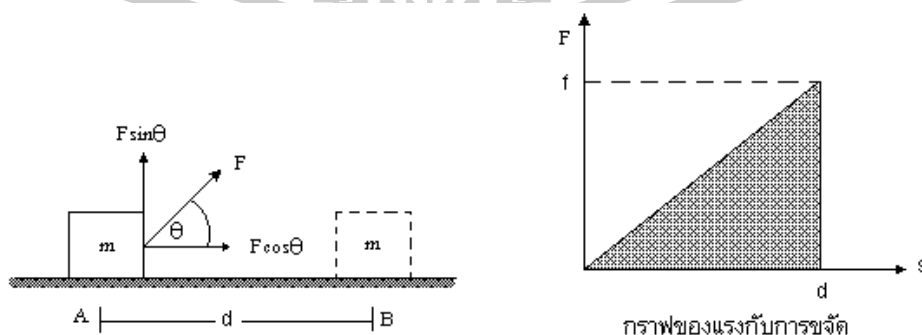
1.1.ถ้ามีแรงไม่คงที่แรงเดียวกระทำกับวัตถุจะได้งานมีค่าเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟของแรงกับการขจัด

$$W = F \times s = \text{พื้นที่ใต้กราฟ } F_s$$

กำหนดให้ วัตถุมวล m อยู่บนพื้นเกลี้ยง ถูกกระทำด้วยแรง F ซึ่งไม่คงที่ดังกราฟ ให้เคลื่อนที่จาก A ไป B ได้การขจัด d ต้องการหางานที่เกิดขึ้นกับวัตถุ



จากสูตร $W = F \times s = \text{พ.ท.ใต้กราฟ } F_s \quad \therefore W = \frac{1}{2} \times f \times d = \frac{fd}{2}$

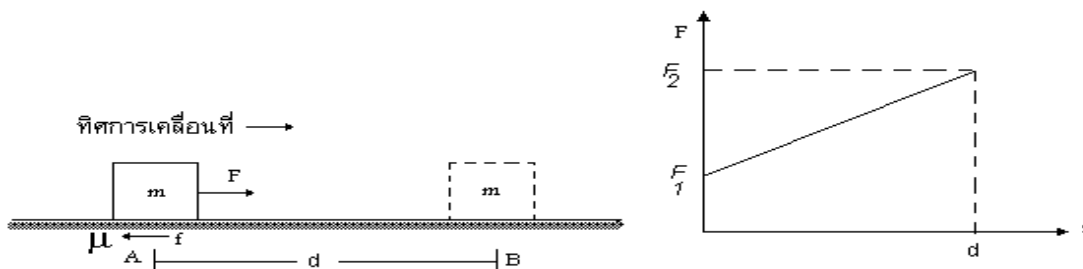


จากสูตร $W = F \cos \theta \times s = (\text{พ.ท.ใต้กราฟ } F_s) \cos \theta$

$$\therefore W = \left(\frac{1}{2} \times f \times d\right) \cos = \frac{fd}{2} \cos \theta$$

1.2 ถ้ามีแรงคงที่และไม่คงที่กระทำกับวัตถุจะได้งานที่เกิดขึ้นกับวัตถุมีค่าเท่ากับผลคูณของแรงลัพธ์กับการขจัด ($W = \sum F s$) โดยผลคูณของแรงไม่คงที่กับการขจัดคือ พ.ท.ใต้กราฟ F กับ s

กำหนดให้มวล m อยู่บนพื้นที่มีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน μ ถูกกระทำด้วยแรง F ไม่คงที่ที่เคลื่อนที่จาก A ไป B ได้การขจัด d ต้องการหางานที่เกิดขึ้นกับวัตถุ



เพราะว่า แรงเสียดทาน $f = \mu mg$

ตรวจสอบว่าวัตถุเคลื่อนที่หรือไม่

ถ้าตอนเริ่มแรกแรง $F_1 < \mu mg$ วัตถุจะไม่เคลื่อนที่

และถ้า $F_1 > \mu mg$ วัตถุจะเคลื่อนที่ทันที

สมมติว่ากรณีนี้ $F_1 > \mu mg$

$\therefore$ งานที่เกิดกับวัตถุ $W = \sum F \times s$

$$W = (F - f)s = Fx s - fs$$

$$W = (\text{พ.ท.ใต้กราฟ } F, s) - fs$$

จากรูป
$$W = \frac{1}{2} (F_1 + F_2)d - \mu mgd$$

$\therefore$
$$W = \left(\frac{F_1 + F_2}{2}\right)d - \mu mgd$$

โจทย์ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1 ออกแรงดึงถุงทรายมวล 2 กิโลกรัมไปบนพื้นฝืด ซึ่งมีค่า $\mu_k = 0.4$ ด้วยความเร็วคงตัว เมื่อดึงไปได้ระยะ 2 เมตร จงหางานของแรงดึง และงานของแรงเสียดทาน

วิธีทำ เขียน f.b.d ของถุงทราย

ถุงทรายสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งเพราะความเร็วคงตัว จึงได้

แนวระดับ : $F = f_k$ (1)

แนวตั้ง : $N = mg$ (2)

จาก (1), (2) จะได้ $F = \mu N = \mu mg = f_k$

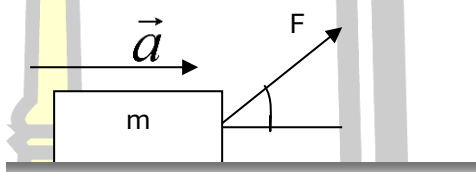


จาก $W = Fs \cos \theta$

- งานที่ถูกทำโดย แรงดึง คือ $W_F = (8)(2) \cos 0^\circ = 16 \text{ J}$ ตอบ
- งานที่ถูกทำโดย แรงเสียดทาน คือ $W_f = (8)(2) \cos 180^\circ = -16 \text{ J}$ ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 ออกแรง $\vec{F}$ ทำมุม $\theta = 30^\circ$ กับแนวระดับ ลากวัตถุมวล 10 kg ให้เริ่มเคลื่อนที่ไปบนพื้นราบที่มีค่า $\mu = 0.2$ วัตถุเคลื่อนที่ $\vec{a} = 10\sqrt{3} \text{ m/s}^2$ อยากทราบว่า งานของแรงในช่วงเวลา 2 วินาทีแรก ที่แรง $\vec{F}$ กระทำกับวัตถุมีค่ากี่จูล

วิธีทำ เขียน f.b.d ของวัตถุ



1. พิจารณาในแนวตั้ง (สมดุล) จากสูตร $\sum F_y = 0$

$$N + F \sin 30^\circ = mg$$

$$\text{จะได้ } N = mg - F \sin 30^\circ \quad \dots\dots\dots (1)$$

2. พิจารณาในแนวระดับ จากสูตร $\sum F_x = ma$

$$F \cos 30^\circ = ma$$

$$F \cos 30^\circ - f = ma$$

$$F \cos 30^\circ - \mu N = ma \quad \dots\dots\dots (2)$$

แทน (1) ลงใน (2) จะได้ $F \cos 30^\circ - \mu (mg - F \sin 30^\circ) = ma$

$$F \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \right] - 0.2 \left[10(10) - F \left[\frac{1}{2} \right] \right] = 10(10\sqrt{3})$$

$$\text{จะได้ } F \approx 200 \text{ N}$$

3. หาระยะทาง (s) ที่เคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลา 2 วินาทีแรก

$$s = ut + \frac{1}{2} at^2 = 0 + \frac{1}{2} (10\sqrt{3}) (2)^2$$

$$\text{จะได้ } s = 20\sqrt{3} \text{ เมตร}$$

4. หางานของแรงในช่วง 2 วินาทีแรก

$$W = Fs$$

$$W \approx 200 (20\sqrt{3}) \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \right]$$

$$W \approx 6000 \text{ J}$$

กำลัง (power)

163

กำลัง คือ อัตราการทำงาน มีหน่วยเป็น จูล/วินาที(J/s) หรือ วัตต์(watt)

ถ้าให้ P = กำลัง มีหน่วยเป็น วัตต์

W = งาน มีหน่วยเป็น จูล

t = เวลา มีหน่วยเป็น วินาที

จากนิยาม จะได้

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dF \cdot s}{dt} = \frac{F \cdot ds}{dt} = F \cdot v$$

$$\therefore \text{กำลังเฉลี่ย จะได้ } P_{av} = \frac{W}{t} = F \cdot v_{av}$$

$$\text{กำลังขณะใดๆ } P = \frac{dW}{dt} = F \cdot v$$

ข้อสังเกต

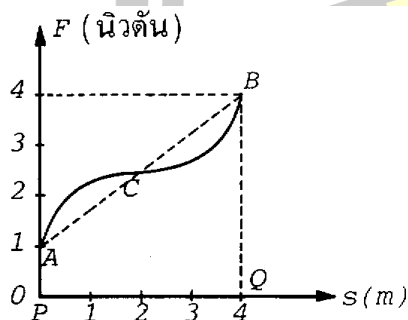
1. ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ จะได้กำลังขณะใด มีค่าเท่ากับกำลังเฉลี่ย

$$P = \frac{W}{t} = F \cdot v_{av}$$

2. กำลังม้า 1 กำลังม้า(HP) มีค่า 746 วัตต์ (watt)

ตัวอย่างคำนวณหา กำลังและปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 ขนาดของแรงที่กระทำกับวัตถุเป็นนิวตัน มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในทิศเดียวกับแรงเป็นเมตร เขียนแสดงได้ ดังรูป



ก. จงประมาณค่างานที่ทำได้

ข. จงหา กำลังเฉลี่ยเนื่องจากการทำงานนี้ ถ้าทำงานอยู่ย่นาน 5 นาที

วิธีทำ เนื่องจากแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่คงที่

$$\therefore W = F \cdot s = \text{พ.ท.ใต้กราฟ } F, s$$

$$W = \text{พ.ท.ใต้กราฟ } ACB = \text{พ.ท.สี่เหลี่ยมคางหมู}$$

$$ABQ = \frac{1}{2} \times (1+4) \times 4 = 10 \text{ จูล}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2 วัลลาของหนัก 200 นิวตัน ขึ้นเนินซึ่งเอียง 30 องศา ไปเป็นระยะทาง 10 เมตร ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอในเวลา 100 วินาที ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างของนั้นกับเนินเป็น $\frac{\sqrt{3}}{2}$ จงคำนวณหา

ก. แรงที่วัลใช้

ข. กำลังเนื่องจากแรงที่ใช้

วิธีทำ ก. หาแรงที่วัลใช้

ให้วัลออกแรงลากของ = F

$\therefore$ วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

$$\therefore \Sigma F = 0$$

$$F = f + 200\sin 30^\circ$$

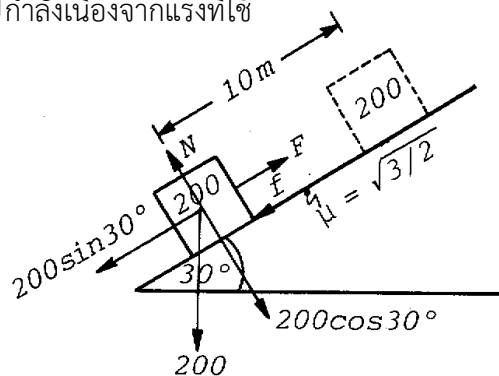
$$= \mu(200\cos 30^\circ) + 200\sin 30^\circ$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 200 \times \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{200}{2} = 150 + 100 = 250 \text{ นิวตัน } \text{ตอบ}$$

ข. หากำลังเนื่องจากแรงที่ใช้

$$\text{งานเนื่องจากแรง } F (W_F) = F \cdot s = 250 \times 10 = 2500 \text{ จูล}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{2500}{100} = 25 \text{ วัตต์ } \text{ตอบ}$$



พูน ปณ ทิโต ชเว

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1

คำชี้แจงการทำแบบทดสอบ

อ่านคำชี้แจงก่อนลงมือทำแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบริบท เรื่อง งานและพลังงาน ในสถานการณ์จะมีคำถามย่อยจำนวน 5 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งหมด โดย

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เวลาทำ 60 นาที คะแนนเต็ม 20 คะแนน
2. การเขียนตอบข้อสอบฉบับนี้ให้ใช้ปากกา สีน้ำเงินหรือสีดำ ในกรณีที่ต้องวาดภาพควรใช้ดินสอ
3. อนุญาตให้นักเรียนสามารถขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในตัวแบบทดสอบได้
4. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น
5. ส่งแบบทดสอบคืนให้ครบถ้วน มิฉะนั้นจะไม่ตรวจให้คะแนน

ชื่อ - นามสกุล นาย นางสาว.....
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง.....เลขที่.....

สถานการณ์ที่ 1 การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในชีวิตประจำวัน

ในเช้าวันหนึ่ง ขณะทำงานก่อสร้าง นายปรกรณ์ถูกมอบหมายให้พุงถุงทรายที่มีมวล 25 กิโลกรัมเหนือศีรษะในท่าคงที่ เพื่อช่วยเพื่อนร่วมทีมในการจัดเรียงถุงทรายเข้าที่ นายปรกรณ์ต้องยืนพุงถุงทรายไว้ในท่าเดิมโดยไม่เคลื่อนที่เป็นระยะเวลาหนึ่งนาที แม้ว่าท่าทางนี้ดูเหมือนจะไม่ซับซ้อน แต่การยืนพุงถุงทรายในท่านี้ต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ไหล่ และแกนกลางลำตัว รวมทั้งสมาธิอย่างมากเพื่อรักษาสมดุลและป้องกันไม่ให้ถุงทรายหล่นลงมา

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. งานในทางฟิสิกส์เกิดขึ้นหรือไม่จงอธิบายเหตุผล

2. สมมติว่านายปรกรณ์เริ่มยกถุงทรายขึ้นจากพื้น จะมีงานเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด

3. หากเพิ่มระยะเวลาเป็น 2 นาที งานที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร

4. การยืนค้ำในท่าเดิมไม่มีการกระจัดในแนวตั้งหรือแนวใด ๆ งานทางฟิสิกส์จึงเท่ากับศูนย์

5.มีคนกล่าวว่า “การถือของนาน ๆ ทำให้เหนื่อย ดังนั้นต้องมียานเกิดขึ้นเยอะมาก” นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่อธิบายให้สอดคล้องกับฟิสิกส์

เฉลย

สถานการณ์ที่ 1 การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในชีวิตประจำวัน

ในเช้าวันหนึ่ง ขณะทำงานก่อสร้าง นายปรกรณ์ถูกมอบหมายให้พยุงธงทราวยที่มีมวล 25 กิโลกรัมเหนือศีรษะในท่าคงที่ เพื่อช่วยเพื่อนร่วมทีมในการจัดเรียงธงทราวยเข้าที่ นายปรกรณ์ต้องยืนพยุงธงทราวยไว้ในท่าเดิมโดยไม่เคลื่อนที่เป็นระยะเวลาหนึ่งนาที แม้ว่าท่าทางนี้ดูเหมือนจะไม่ซับซ้อน แต่การยืนพยุงธงทราวยในท่านี้ต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ไหล่ และแกนกลางลำตัว รวมทั้งสมาธิอย่างมากเพื่อรักษาสมดุลและป้องกันไม่ให้ธงทราวยหล่นลงมา
ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. งานในทางฟิสิกส์เกิดขึ้นหรือไม่จงอธิบายเหตุผล

- 4 คะแนน ไม่เกิดงานทางฟิสิกส์ เพราะแม้ว่านายปรกรณ์จะออกแรงพยุงธงทราวยไว้เหนือศีรษะ แต่ไม่มีการเคลื่อนที่ของวัตถุ (ไม่มีการกระจัด) ในทิศทางของแรง ดังนั้นตามนิยามของฟิสิกส์ งาน = แรง $\times$ การกระจัด $\times \cos\theta$ งานจึงเท่ากับศูนย์
- 3 คะแนน ไม่เกิดงานทางฟิสิกส์ เพราะไม่มีการเคลื่อนที่ในแนวแรง
- 2 คะแนน ไม่เกิดงาน เพราะถือของเฉย ๆ ไม่มีการเคลื่อนที่
- 1 คะแนน ไม่เกิดงาน

2. สมมติว่านายปรณเริ่มยกอุทราภัยขึ้นจากพื้น จะมีงานเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด

- 4 คะแนน งานทางฟิสิกส์เกิดขึ้นเฉพาะช่วงที่ยกอุทราภัยขึ้นจากพื้น เพราะมีการออกแรงในแนวตั้งและมีการกระจัดในทิศทางเดียวกันกับแรง ซึ่งตรงตามเงื่อนไขของการเกิดงาน
- 3 คะแนน งานเกิดขึ้นเฉพาะตอนที่ยกขึ้น เพราะมีแรงและการเคลื่อนที่ในทิศเดียวกัน
- 2 คะแนน งานเกิดตอนยกของ เพราะมีการเคลื่อนที่ขึ้น
- 1 คะแนน มีงานเกิดขึ้น

3. หากเพิ่มระยะเวลาเป็น 2 นาที งานที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร

- 4 คะแนน งานที่เกิดขึ้นยังคงเท่ากับศูนย์ แม้จะยืนนานขึ้น เพราะไม่มีการกระจัดของอุทราภัยงานในทางฟิสิกส์พิจารณาจากแรงและการกระจัด ไม่ใช่ระยะเวลา
- 3 คะแนน ไม่เพิ่มขึ้น เพราะไม่มีการกระจัดแม้จะยืนนานขึ้น
- 2 คะแนน งานไม่เพิ่ม เพราะไม่ได้ขยับของ
- 1 คะแนน งานไม่เพิ่ม

4. การยืนค้ำในท่าเดิมไม่มีการกระจัดในแนวตั้งหรือแนวใด ๆ งานทางฟิสิกส์จึงเท่ากับศูนย์

- 4 คะแนน ถูกต้อง การยืนนิ่งไม่มีการกระจัดของวัตถุในทิศทางใด ๆ จึงไม่มีงานทางฟิสิกส์เกิดขึ้น แม้ว่าร่างกายจะรู้สึกเหนื่อย แต่การเหนื่อยนั้นเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ ไม่ใช่การเกิด "งาน" ตามนิยามทางฟิสิกส์
- 3 คะแนน ยืนนิ่งไม่มีการเคลื่อนที่ งานทางฟิสิกส์จึงเท่ากับศูนย์
- 2 คะแนน ไม่มีการเคลื่อนที่เลย งานเป็นศูนย์
- 1 คะแนน ไม่มีการเคลื่อนที่เลย

5. มีคนกล่าวว่า “การถือของนาน ๆ ทำให้เหนื่อย ดังนั้นต้องมีงานเกิดขึ้นเยอะมาก”

นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่อธิบายให้สอดคล้องกับฟิสิกส์

- 4 คะแนน ไม่เห็นด้วย เพราะแม้จะรู้สึกเหนื่อยจากการใช้พลังงานในร่างกาย แต่ตามหลักฟิสิกส์ "งาน" ต้องเกิดจากแรงที่ทำให้วัตถุมีการกระจัดในทิศเดียวกัน การถือของนิ่ง ๆ ไม่มีการกระจัด จึงไม่มีงานทางฟิสิกส์เกิดขึ้น
- 3 คะแนน ไม่เห็นด้วย เพราะการถือของนิ่ง ๆ ไม่มีการเคลื่อนที่ของวัตถุ
- 2 คะแนน ไม่เห็นด้วย เพราะไม่มีงานเกิดขึ้นแม้เหนื่อย
- 1 คะแนน ไม่เห็นด้วย

ภาคผนวก ข รายงานผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญที่พิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องของ
แบบทดสอบ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีรายชื่อดังต่อไปนี้

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. ผศ.ดร.วิทยา วรพันธุ์ | อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 2. อ.ดร.สาวตรี ราญมีชัย | อาจารย์ประจำภาควิชาการวิจัยและพัฒนา
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม |
| 3. อ. ดร.ณัฐกานต์ กาญจนะ | อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มทร.อีสาน วข.สุรินทร์ |
| 4. นายธีระวุฒิ จันทะพันธ์ | ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียน
วิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร |
| 5. นายวุฒิพงศ์ ประทุมมา | ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการ
เรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬา
ภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร |
| 6. นางสาวพรพิทักษ์ คนหาญ | ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียน
วิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร |
| 7. นายธนพัฒน์ ทับไธสง | ครูวิทยฐานะชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์
จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร |

พจนัน ปณ จิตโต ชื่น

ภาคผนวก ค เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการวิจัย



ที่ อว 0605.5(2)/ว237

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายธีระวุฒิ จันทะพันธ์

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขา กศ.ม. หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและดำเนินวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร โดยมี ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การดำเนินงานวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ว237

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2568

เรื่อง ขออนุญาตเคราะหเป็นผูทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายวุฒิพงศ์ ประทุมมา

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขา กศ.ม. หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและดำเนินวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดอย่าง มีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร โดยมี ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การดำเนินงานวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตเคราะหจากท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ว237

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายธนพัฒน์ อับโทสง

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขา กศ.ม. หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและดำเนินวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร โดยมี ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การดำเนินงานวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสุ่ออน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



ที่ อว 0605.5(2)/ว237

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายธนพัฒน์ อับโทสง

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขา กศ.ม. หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและดำเนินวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร โดยมี ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การดำเนินงานวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสุ่ออน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ 0-4371-9800 ต่อ 6216



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว297

วันที่ 21 มกราคม 2567

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ นิสิตระดับระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและดำเนินงานวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะได้นำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว297

วันที่ 21 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

เรียน อาจารย์ ดร.สาวิตรี ราญมีชัย

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไทรย์ นิสิตระดับระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและดำเนินงานวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. หลักสูตรและการสอน โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะได้นำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุลสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ ว4960



คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

20 ธันวาคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.ณัฐกานต์ กาญจนะ

ด้วย นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาและทำวิจัย เรื่อง “การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

ในการนี้ คณะศึกษาศาสตร์ เห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้และความเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าว ดังนั้น จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย เพื่อนิสิตจะได้ดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

สำนักงานเลขานุการคณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ ๐ ๔๓๗2 1764



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

เลขที่การรับรอง : 174-079/2568

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ) Developing Critical Thinking Skills in 10th Grade Students through Problem Based Learning Strategies on STEM knowledge : A Topic on Work and Energy.

ผู้วิจัย : นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์

หน่วยงานที่รับผิดชอบ : คณะศึกษาศาสตร์

สถานที่ทำการวิจัย : โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร

ประเภทการพิจารณาแบบ : แบบเร่งรัด

วันที่รับรอง : 27 กุมภาพันธ์ 2568

วันหมดอายุ : 26 กุมภาพันธ์ 2569

ข้อเสนอการวิจัยนี้ ได้รับการพิจารณาและให้ความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคามแล้ว และอนุมัติในด้านจริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องข้างต้นได้ บนพื้นฐานของโครงการวิจัยที่คณะกรรมการฯ ได้รับและพิจารณา เมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้วให้ผู้วิจัยส่งแบบฟอร์มการปิดโครงการและรายงานผลการดำเนินงานมายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หรือหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจักต้องยื่นขอรับการพิจารณาใหม่

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกสัชกรหญิงราตรี สว่างจิตร์)
 ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 1

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.1 ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	3	5	4	21	4.2	มาก
1.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	3	2	5	18	3.8	มาก
2. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
2.1 ระบุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตรงตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	5	5	5	4	3	22	4.4	มาก
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	3	5	21	4.2	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	3	4	21	4.2	มาก
3.2 ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และ จิตพิสัย	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.4 ระบุพฤติกรรมที่วัดและประเมินผลได้	5	3	3	4	5	20	4.0	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียน	5	5	5	5	3	23	4.6	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	3	21	4.2	มาก
4.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
5. ด้านชิ้นงานและภาระงาน								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	23	4.6	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	3	22	4.4	มาก
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4	3	21	4.2	มาก
6.3 เหมาะสมกับเวลา	5	4	3	2	3	17	3.4	ปานกลาง
6.4 เหมาะสมกับการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	5	4	3	2	4	18	3.6	กลาง
6.5 เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	5	4	3	21	4.2	มาก
6.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	5	4	5	5	3	22	4.4	มาก
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	3	2	4	18	3.6	มาก
7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
8. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้								
8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	3	4	20	4	มาก
8.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความ เหมาะสม	4	4	4	3	4	19	3.8	มาก
8.3 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	5	4	4	3	4	20	4	มาก
8.4 ส่งเสริมการวัดและประเมินผลครอบคลุม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	5	3	4	4	4	20	4	มาก
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							4.20	มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 2

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.3 ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	5	4	22	4.4	มาก
1.4 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	5	23	4.6	มากที่สุด
2. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
2.1 ระบุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตรงตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	5	5	5	4	4	23	4.6	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
3.2 ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และ จิตพิสัย	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.4 ระบุพฤติกรรมที่วัดและประเมินผลได้	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียน	5	5	5	5	4	24	4.8	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
4.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	5	4	5	23	4.6	มากที่สุด
5. ด้านชิ้นงานและภาระงาน								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	23	4.6	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	23	4.6	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
6.3 เหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
6.4 เหมาะสมกับการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	5	4	4	5	4	22	4.4	มาก
6.5 เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	5	4	5	23	4.6	มากที่สุด
6.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
8. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้								
8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
8.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความ เหมาะสม	4	4	5	4	4	21	4.2	มาก
8.3 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
8.4 ส่งเสริมการวัดและประเมินผลครอบคลุม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	5	5	4	5	4	22	4.4	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							4.50	มาก

พูน ปณ จิต ชีเว

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 3

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.1 ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	3	5	4	21	4.2	มาก
1.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	3	2	5	18	3.8	มาก
2. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
2.1 ระบุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตรงตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	5	5	5	4	3	22	4.4	มาก
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	3	5	21	4.2	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	3	4	21	4.2	มาก
3.2 ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และ จิตพิสัย	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.4 ระบุพฤติกรรมที่วัดและประเมินผลได้	5	3	3	4	5	20	4.0	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียน	5	5	5	5	3	23	4.6	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	3	21	4.2	มาก
4.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
5. ด้านชิ้นงานและภาระงาน								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	4	23	4.6	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	5	3	22	4.4	มาก
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	5	4	3	21	4.2	มาก
6.3 เหมาะสมกับเวลา	5	4	3	2	3	17	3.4	ปานกลาง
6.4 เหมาะสมกับการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	5	4	3	2	4	18	3.6	กลาง
6.5 เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	5	4	3	21	4.2	มาก
6.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	5	4	5	5	3	22	4.4	มาก
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	3	2	4	18	3.6	มาก
7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
8. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้								
8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	3	4	20	4	มาก
8.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความ เหมาะสม	4	4	4	3	4	19	3.8	มาก
8.3 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	5	4	4	3	4	20	4	มาก
8.4 ส่งเสริมการวัดและประเมินผลครอบคลุม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	5	3	4	4	4	20	4	มาก
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							4.20	มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 4

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.3 ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	4	5	5	22	4.4	มาก
1.4 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	5	23	4.6	มากที่สุด
2. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
2.1 ระบุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตรงตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	5	5	5	4	4	23	4.6	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	24	4.8	มากที่สุด
3.2 ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และ จิตพิสัย	5	4	4	4	5	22	4.4	มากท
3.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด
3.4 ระบุพฤติกรรมที่วัดและประเมินผลได้	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียน	5	5	4	5	5	24	4.8	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4	5	22	4.4	มาก
4.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	5	4	5	23	4.6	มากที่สุด
5. ด้านชิ้นงานและภาระงาน								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	4	23	4.6	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	5	5	24	4.8	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	5	5	23	4.6	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	5	4	22	4.4	มาก
6.3 เหมาะสมกับเวลา	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
6.4 เหมาะสมกับการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	5	4	5	4	4	22	4.4	มาก
6.5 เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	5	4	4	5	23	4.6	มากที่สุด
6.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	5	5	5	4	5	24	4.8	มากที่สุด
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4	4	22	4.4	มาก
8. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้								
8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
8.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความ เหมาะสม	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
8.3 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
8.4 ส่งเสริมการวัดและประเมินผลครอบคลุม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	5	5	5	4	4	22	4.4	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							4.5	มาก

พูน ปณ ทัโต ชีเว

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 5

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.5 ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	3	3	4	19	3.8	มาก
1.6 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	3	2	5	18	3.8	มาก
2. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
2.1 ระบุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตรงตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	5	4	4	4	3	20	4	มาก
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	3	5	21	4.2	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	3	3	4	18	3.6	มาก
3.2 ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และ จิตพิสัย	5	4	3	5	4	21	4.2	มาก
3.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	3	4	3	4	4	18	3.6	มาก
3.4 ระบุพฤติกรรมที่วัดและประเมินผลได้	3	3	3	4	5	18	3.6	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียน	4	4	3	2	3	16	3.2	ปานกลาง
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	3	3	3	17	3.4	ปานกลาง
4.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	4	4	4	4	20	4.0	มาก
5. ด้านชิ้นงานและภาระงาน								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	3	4	19	3.8	มาก
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	3	4	18	3.6	มากที่สุด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	2	4	3	16	3.2	ปานกลาง
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	3	4	4	3	18	3.6	มาก
6.3 เหมาะสมกับเวลา	4	3	3	2	3	15	3	ปานกลาง
6.4 เหมาะสมกับการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	4	3	3	2	4	15	3	ปานกลาง
6.5 เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4	3	2	4	3	16	3.2	ปานกลาง
6.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	4	4	4	3	3	18	3.6	มาก
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	3	2	4	17	3.4	ปานกลาง
7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	4	2	3	17	3.4	ปานกลาง
8. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้								
8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	3	3	4	17	3.4	ปานกลาง
8.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความ เหมาะสม	4	4	4	3	4	19	3.8	มาก
8.3 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	4	3	4	3	4	18	3.6	มาก
8.4 ส่งเสริมการวัดและประเมินผลครอบคลุม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	4	3	4	4	4	19	3.8	มาก
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							3.60	มาก

พูน ปณ ติโต ชีเว

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 6

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. ด้านสาระสำคัญ								
1.7 ชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	3	4	3	19	3.8	มาก
1.8 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	3	5	3	3	18	3.8	มาก
2. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด								
2.1 ระบุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตรงตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	5	3	4	4	4	20	4	มาก
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
3. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	4	3	3	4	18	3.6	มาก
3.2 ครอบคลุมทั้งพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และ จิตพิสัย	5	4	4	4	4	21	4.2	มาก
3.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	3	4	3	4	4	18	3.6	มาก
3.4 ระบุพฤติกรรมที่วัดและประเมินผลได้	4	3	3	4	4	18	3.6	มาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้								
4.1 สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียน	4	3	3	3	3	16	3.2	ปานกลาง
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	3	4	3	17	3.4	ปานกลาง
4.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	4	4	4	4	20	4.0	มาก
5. ด้านชิ้นงานและภาระงาน								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	3	4	19	3.8	มาก
5.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	4	3	4	3	18	3.6	มาก

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	เฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6. ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	3	3	3	16	3.2	ปานกลาง
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	3	4	4	3	18	3.6	มาก
6.3 เหมาะสมกับเวลา	4	2	3	3	3	15	3	ปานกลาง
6.4 เหมาะสมกับการพัฒนาการคิดอย่างมี วิจารณญาณ	3	3	3	3	3	15	3	ปานกลาง
6.5 เป็นไปตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4	3	3	3	3	16	3.2	ปานกลาง
6.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้	4	4	4	3	3	18	3.6	มาก
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	3	2	4	17	3.4	ปานกลาง
7.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4	3	4	3	3	17	3.4	ปานกลาง
8. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้								
8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	3	3	4	17	3.4	ปานกลาง
8.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความ เหมาะสม	4	3	4	4	4	19	3.8	มาก
8.3 มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	4	3	4	3	4	18	3.6	มาก
8.4 ส่งเสริมการวัดและประเมินผล ครอบคลุม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	4	3	4	4	4	19	3.8	มาก
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							3.60	มาก

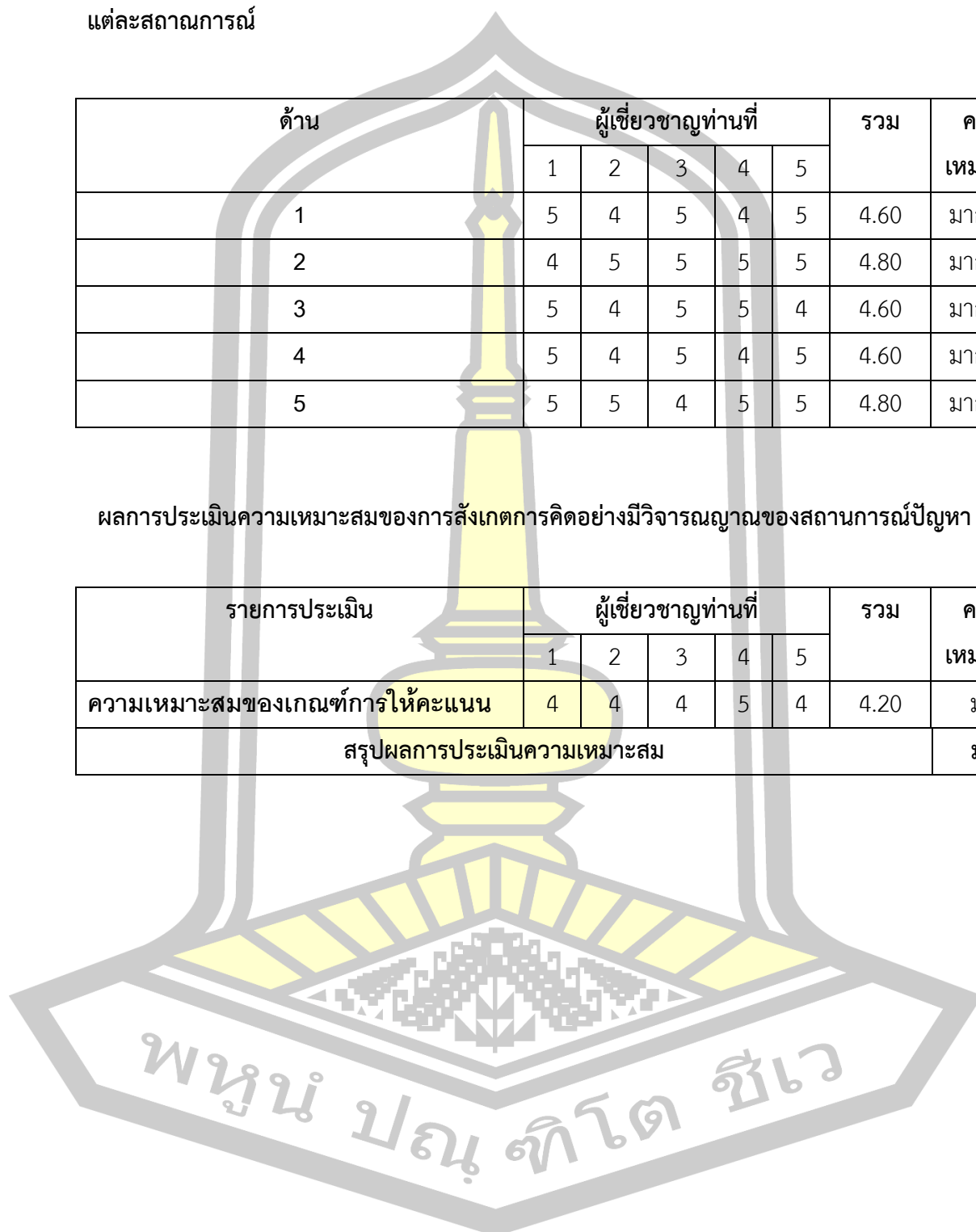
พูน ปณ จิต ชีเว

ผลการประเมินความเหมาะสมของการสังเกตการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสถานการณ์ปัญหา
แต่ละสถานการณ์

ด้าน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
2	4	5	5	5	5	4.80	มากที่สุด
3	5	4	5	5	4	4.60	มากที่สุด
4	5	4	5	4	5	4.60	มากที่สุด
5	5	5	4	5	5	4.80	มากที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมของการสังเกตการคิดอย่างมีวิจารณญาณของสถานการณ์ปัญหา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					รวม	ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน	4	4	4	5	4	4.20	มาก
สรุปผลการประเมินความเหมาะสม							มาก



ผลการประเมินคุณภาพแบบสัมภาษณ์นักเรียน

คำถามในการสัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่					ΣR	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ								
1.1 นักเรียนมีความคิดว่าพลังงานทางเลือกสามารถเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับประเทศในระยะยาวหรือไม่ อย่างไร	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
1.2 นักเรียนคิดว่าสื่อโซเชียลมีเดียมีบทบาทอย่างไรในการสร้างปัญหาหรือแก้ไขปัญหาสังคมในปัจจุบันและมีข้อดีหรือข้อเสียอย่างไร	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
1.3 นักเรียนคิดว่า AI (ปัญญาประดิษฐ์) จะมีผลกระทบอย่างไรต่อการศึกษาในอนาคต และข้อดีและข้อเสียอย่างไร	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2. ด้านการจัดการเรียนรู้								
นักเรียนชอบกิจกรรมใดในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พร้อมให้เหตุผลประกอบ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3. ด้านผู้สอน								
3.1 นักเรียนรู้สึกอย่างไรต่อวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้สอนนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3.2 นักเรียนมีข้อเสนอแนะหรืออยากให้ผู้สอนเพิ่มเติมเนื้อหา หรือกิจกรรมอะไรอีกบ้าง เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นที่พึงพอใจและกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวกัญญารัตน์ สุวรรณไตรย์
วันเกิด	09 เมษายน พ.ศ.2540
สถานที่เกิด	จังหวัดมุกดาหาร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	141 หมู่ 4 บ้านคำชะอี ตำบลคำชะอี อำเภอคำชะอี จังหวัดมุกดาหาร รหัสไปรษณีย์ 49110
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	พนักงานวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย มุกดาหาร 281 หมู่ที่ 6 บ้านหนองหอย ตำบลบางทรายใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัด มุกดาหาร รหัสไปรษณีย์ 49000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2568 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตศึกษา (กศ.ม.) สาขาวิชาหลักสูตร และการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ภิโต ชีเว