



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง

โมเมนต์ัม และการชน

วิทยานิพนธ์

ของ

มันคง โลหะมาศ

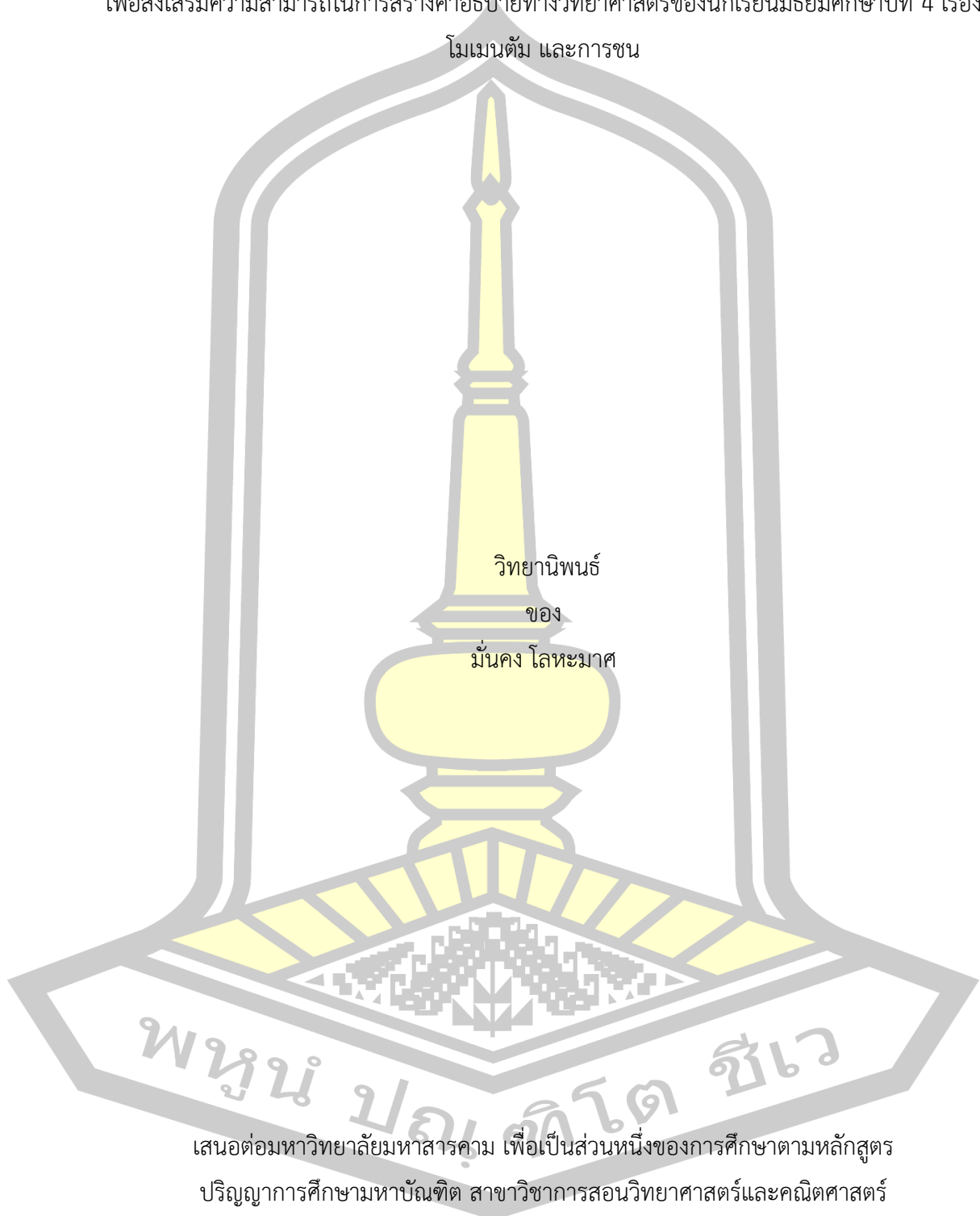
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มีนาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง

โมเมนต์ และการชน

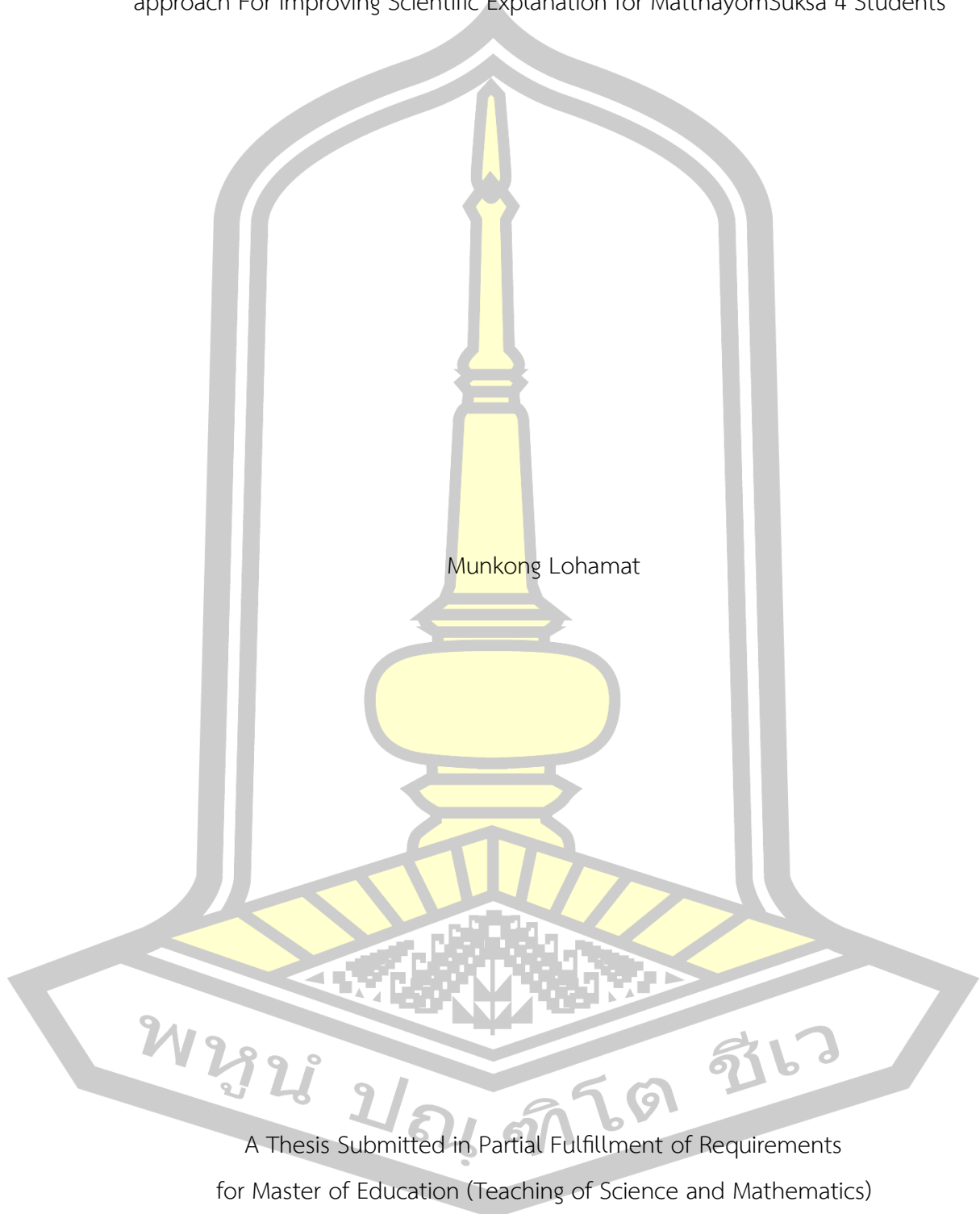


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มีนาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of problem-based learning in accordance with the STEM education approach For Improving Scientific Explanation for MatthayomSuksa 4 Students



Munkong Lohamat

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

March 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายมั่นคง โลหะมาศ แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. กัญยรัตน์ สอนสุภาพ )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน )

กรรมการ

(ผศ. ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ )

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง )

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแหง )

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง )

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ผู้รักษาการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

<b>ชื่อเรื่อง</b>	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโมเมนตัม และการชน		
<b>ผู้วิจัย</b>	มั่นคง โลหะมาศ		
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน		
<b>ปริญญา</b>	การศึกษามหาบัณฑิต	<b>สาขาวิชา</b>	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
<b>มหาวิทยาลัย</b>	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	<b>ปีที่พิมพ์</b>	2568

### บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน จาก 1 ห้อง ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน แผนละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง โมเมนตัม และการชน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐานใช้สถิติ One sample t-test

### ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัม และการชนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.29/78.23 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์จำแนกรายด้านและโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการเรียน, การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



<b>TITLE</b>	The Development of problem-based learning in accordance with the STEM education approach For Improving Scientific Explanation for MatthayomSuksa 4 Students		
<b>AUTHOR</b>	Munkong Lohamat		
<b>ADVISORS</b>	Associate Professor Songsak Phuseeorn , Ph.D. .		
<b>DEGREE</b>	Master of Education	<b>MAJOR</b>	Teaching of Science and Mathematics
<b>UNIVERSITY</b>	Maharakham University	<b>YEAR</b>	2025

### ABSTRACT

The objectives of this research are to 1) develop problem-based learning activities based on the STEM education approach to meet the efficiency criteria of 75/75. 2) to compare the ability to create scientific explanations through problem-based learning based on the STEM education approach among Grade 10 students with the benchmark of 70% of the total score, and 3) to compare the academic achievement of Grade 10 students who participated in problem-based learning based on the STEM education approach with the benchmark of 70% of the total score. The sample group for this research was 40 students from Grade 10/6 at Kalasinpittayasan School, Mueang Kalasin District, Kalasin Province, during the second semester of the 2023 academic year. The sample was selected through cluster random sampling. The research tools included: Six problem-based learning lesson plans based on the STEM education approach, focusing on the physics topic "Momentum and Collision" for Grade 10 students. Each plan consisted of 2 periods, with each period lasting 50 minutes. A test measuring the ability to create scientific explanations. An achievement test on the topic "Momentum and Collision." The statistics used in data analysis included the mean, percentage, standard deviation, and hypothesis testing through the One-sample t-test.

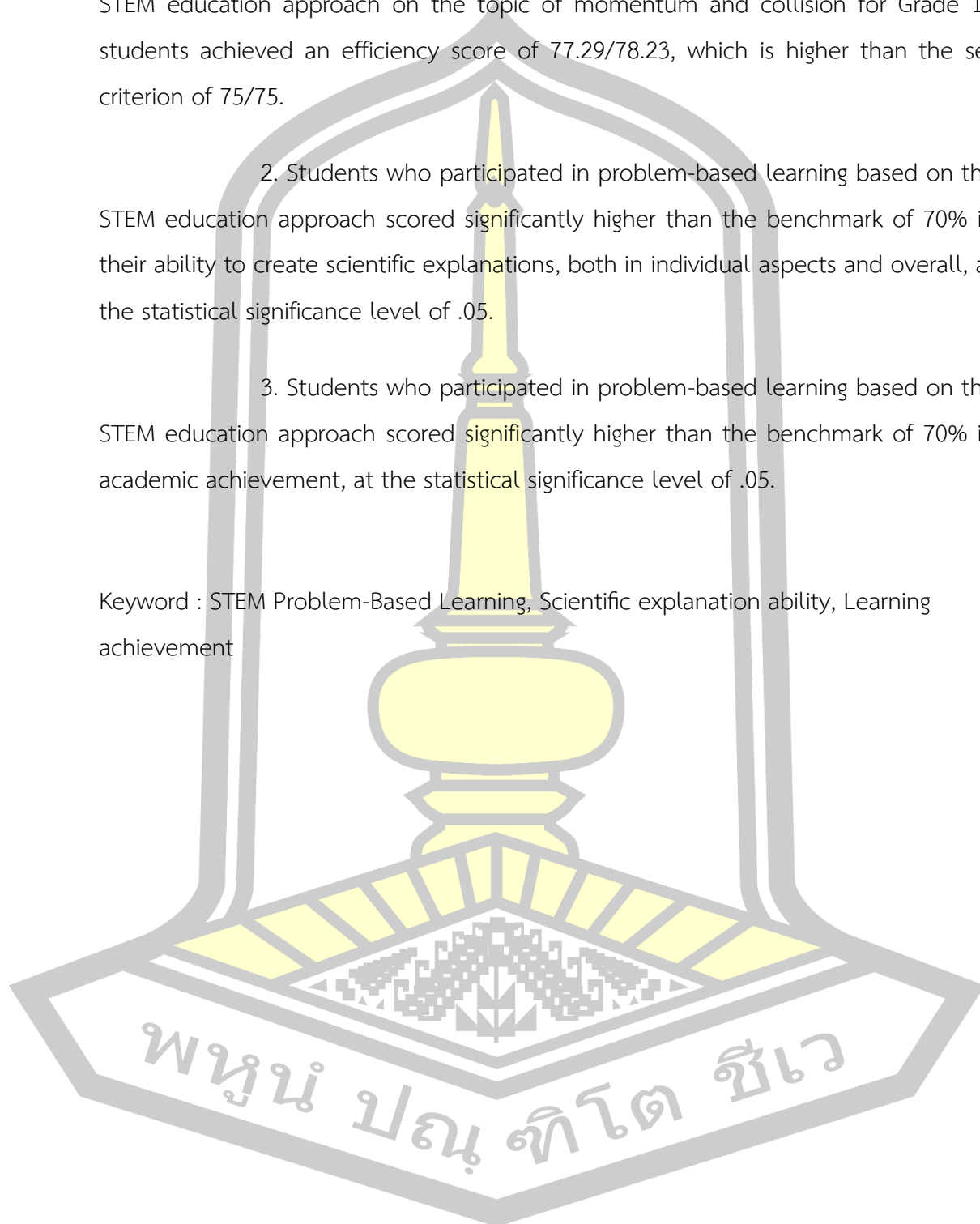
The research results are as follows:

1. The development of problem-based learning activities based on the STEM education approach on the topic of momentum and collision for Grade 10 students achieved an efficiency score of 77.29/78.23, which is higher than the set criterion of 75/75.

2. Students who participated in problem-based learning based on the STEM education approach scored significantly higher than the benchmark of 70% in their ability to create scientific explanations, both in individual aspects and overall, at the statistical significance level of .05.

3. Students who participated in problem-based learning based on the STEM education approach scored significantly higher than the benchmark of 70% in academic achievement, at the statistical significance level of .05.

Keyword : STEM Problem-Based Learning, Scientific explanation ability, Learning achievement



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดช่วงเวลาในการศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ คณะครูและนักเรียนโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้ความรู้อันมีค่าแก่ผู้วิจัย

มันคง โลหะมาศ

พนุน ปณุ ทิโต ชีเว

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉุ
สารบัญรูปภาพ.....	ฅ
บทที่ 1 .....	1
บทนำ .....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	4
สมมติฐานของงานวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย .....	4
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	5
บทที่ 2 .....	9
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	9
1. ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 .....	10
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.....	17
2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา.....	17
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา.....	18

2.3	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา .....	20
2.4	บทบาทของครู และนักเรียนในการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา .....	22
2.5	ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสอนแบบทางสะเต็มศึกษา .....	23
3.	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน .....	24
3.1	ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน .....	24
3.2	แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน .....	25
3.3	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน .....	29
3.4	บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน .....	34
3.5	ข้อดี และจำกัดของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน .....	38
4.	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา .....	38
4.1	ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา .....	38
4.2	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา .....	39
5.	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	44
5.1	ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	44
5.2	องค์ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	45
5.3	การทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	47
6.	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	54
6.1	ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	54
6.2	พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย .....	54
6.3	แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	60
7.	ประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือนวัตกรรมทางการศึกษา ( $E_1 / E_2$ ) .....	62
7.1	การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม .....	62
7.2	การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ .....	65

7.3	วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ .....	66
7.4	การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรม .....	67
8.	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	69
8.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ .....	69
8.2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ .....	73
บทที่ 3	.....	77
	วิธีดำเนินการวิจัย .....	77
1.	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	77
2.	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	77
3.	การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือ .....	78
4.	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	90
4.1	แบบแผนการวิจัย.....	90
4.2	วิธีการดำเนินการวิจัย .....	90
5.	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	91
6.	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	92
6.1	สถิติพื้นฐาน .....	92
6.2	สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ .....	93
6.3	สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้.....	96
6.4	สถิติทดสอบสมมติฐาน.....	96
บทที่ 4	.....	98
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	98
1.	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	98
2.	ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	98

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	99
บทที่ 5 .....	106
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	106
1. ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	106
2. สรุปผล .....	106
3. อภิปรายผล .....	107
4. ข้อเสนอแนะ .....	111
ภาคผนวก.....	113
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	114
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย .....	116
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์หาคคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	149
ภาคผนวก ง ผลการตรวจคะแนน .....	171
ภาคผนวก ฉ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	175
บรรณานุกรม.....	179
ประวัติผู้เขียน .....	188



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 บทบาทของครู และนักเรียนในการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา .22	
ตารางที่ 2 รูปแบบการบันทึกสิ่งที่รู้สิ่งที่ต้องรู้เพิ่มเติม และแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหา.....31	
ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา .....40	
ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ.....48	
ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินแบบทั่วไปตามองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์ .....49	
ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจากเกณฑ์การ ประเมิน McNell and Krajcik (2014) .....50	
ตารางที่ 7 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน .....51	
ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....51	
ตารางที่ 9 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน .....52	
ตารางที่ 10 แสดงเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....52	
ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ McNeill and Krajcik (2008)..53	
ตารางที่ 12 อนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของบลูม.....59	
ตารางที่ 13 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม และการชน กับ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน .....79	
ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ และการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ของแบบวัดความสามารถที่ต้องการ ให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ .....83	
ตารางที่ 15 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ .....87	
ตารางที่ 16 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design .....90	

ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75.....	99
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 .....	100
ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test.....	105
ตารางที่ 20 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....	152
ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....	154
ตารางที่ 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....	156
ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....	158
ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....	160
ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....	162

ตารางที่ 26 แสดงสรุปผลการประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยแยกเป็นรายด้าน.....164

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน .....165

ตารางที่ 28 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจแจกแจงและความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน.....166

ตารางที่ 29 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน.....167

ตารางที่ 30 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจแจกแจงและความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน .....169

ตารางที่ 31 แสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน.....172

ตารางที่ 32 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....174



## สารบัญรูปภาพ

### หน้า

ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างการระบุข้อกล่าวอ้างในแบบวัดความสามารถของนักเรียนตัวกลุ่มอย่าง	101
ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างการระบุข้อกล่าวอ้างในแบบวัดความสามารถของนักเรียนตัวกลุ่มอย่าง	101
ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างการระบุหลักฐานในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	102
ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างการระบุหลักฐานในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	102
ภาพประกอบที่ 5 ตัวอย่างการระบุหลักฐานในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	103
ภาพประกอบที่ 6 ตัวอย่างการระบุเหตุผลในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	103
ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างการระบุเหตุผลในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	104
ภาพประกอบที่ 8 ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	137
ภาพประกอบที่ 9 ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	137
ภาพประกอบที่ 10 ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	138
ภาพประกอบที่ 11 ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	138
ภาพประกอบที่ 12 ตัวอย่างชิ้นงานนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6	139
ภาพประกอบที่ 13 ตัวอย่างชิ้นงานนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6	139
ภาพประกอบที่ 14 บรรยายภาคการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	140

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่การเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นรากฐานที่ก่อให้เกิดการความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ดังจะเห็นได้ว่าเหล่าประเทศมหาอำนาจที่มีความมั่นคงในเชิงเศรษฐกิจ จะให้ความสำคัญกับการศึกษา การพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีภายในประเทศเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าวิทยาศาสตร์ถือเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ประเทศนั้นขับเคลื่อนในการพัฒนาต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันวิจัยเพื่อการ พัฒนาประเทศไทย, 2557) และวิทยาศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมเยาวชนให้สามารถดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกชีวิตในทุกระดับ ทั้งในด้านตัวบุคคล และในการใช้ชีวิตประจำวัน (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, หน้า 19) การรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้แยกข้อมูลที่เข้ามาหลากหลายช่องทางว่าข้อมูลใดน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ และบุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์จะสามารถสื่อสารพูดคุยในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งจำเป็นต้องใช้สมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมิน และการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูล การใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้บุคคลนั้นสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 2561) ดังที่กล่าวมาการบุคคลใดในประเทศมีความรอบรู้เรื่องวิทยาศาสตร์นั้น มีความสำคัญอย่างมากในการขับเคลื่อนประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเยาวชนที่เป็นนักเรียนทุกคนในปัจจุบัน

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปรัชญาวิทยาศาสตร์ ที่ว่า “วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการแสวงหาความรู้” การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นกระบวนการเป็นหัวใจสำคัญ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทโดยตรง (Active Role) ในกระบวนการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูล หาหลักฐานหรือประจักษ์พยาน เพื่อตีความแปลความ จนนำไปสู่การสร้างคำอธิบาย และลงข้อสรุปเป็นความรู้ แนวคิดหรือหลักการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ และพัฒนาสมรรถนะทาง

วิทยาศาสตร์ (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555, น. 5) ซึ่งการเรียนวิทยาศาสตร์จะต้องทำความเข้าใจในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และสามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจผ่านการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะมาสนับสนุนคำอธิบายเหล่านั้น ซึ่งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นถูกกำหนดไว้ในการประเมินผลการเรียนในระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA) ที่มุ่งเน้นไปสู่การทดสอบความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1. การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identify scientific issue) 2. การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation of phenomena) และ 3. การใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Evidence) จากผลการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2022 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ 409 ซึ่งต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติเท่ากับ 485 คะแนน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนในครั้งที่ผ่านมามีพบว่า ด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2022) ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนในประเทศไทยยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐาน (Evidence) มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Claim) และต้องสามารถให้เหตุผล (Reasoning) ประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวัน และความรู้ด้านกระบวนการพื้นฐานมาใช้เพื่อบอกถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้ ความรู้ และตั้งปัญหาของเรื่อง เพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่ายได้ นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูลชุดที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิธาคำความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์เป็นโรงเรียนประจำจังหวัดที่ผู้ปกครองมีความคาดหวังให้นักเรียนเรียนต่อในระดับอุดมศึกษาในมหาวิทยาลัยที่มีชื่อเสียง จึงเกิดแนวคิดในการเรียนเพื่อเพิ่มเกรดหรือเรียนในสถาบันตัวต่างๆ เพื่อมุ่งเน้นในการหาวิธีลดในการทำข้อสอบมากกว่าจะทำความเข้าใจในตัวหลักการ แนวคิดหรือสมการ จากการสอบถามครูผู้สอนประจำรายวิชาฟิสิกส์พบว่านักเรียนมักตอบคำถามแบบสั้นๆ ไม่มีการยกเหตุผลมาสนับสนุนคำตอบชี้ให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทำให้ไม่สามารถนำความรู้มาใช้อธิบายประกอบได้ ซึ่งความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) ถือเป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายลักษณะของปรากฏการณ์ โดยมีการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ เปรียบเสมือนเป็นการสื่อสารที่บ่งบอกถึงความเข้าใจแนวคิดหรือเนื้อหาของนักเรียนจากการศึกษา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสัมภาษณ์ และสอบถามครูวิทยาศาสตร์ภายในโรงเรียนพบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นมีบทบาทโดยตรงต่อการเรียนรู้ นักเรียนเป็นผู้ตั้งปัญหา และทำการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง และมีการให้เหตุผลโดยการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างปัญหา และข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะจนนำไปสู่การสรุปเป็นแนวคิด หรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตน

จากการศึกษาข้อมูล แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความสามารถในการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์โดยมี 3 องค์ประกอบคือ 1. ข้อกล่าวอ้าง (claim) 2. หลักฐาน (evidence) และ 3. การให้เหตุผล (reasoning) พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยในขั้นที่ 1.การระบุปัญหา 2.ทำความเข้าใจปัญหา และ 3.ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ทั้ง 3 ขั้นตอนดังที่กล่าวมา ทำให้นักเรียนเห็นและยืนยันสรุปปัญหาที่มีอยู่จากสถานการณ์ซึ่งตัวปัญหานี้เป็นการระบุข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลตัวหลักฐานเพื่อเตรียมวิธีการแก้ปัญหา (Faizah et al, 2018) ซึ่งจะต้องนำไปสังเคราะห์ เพื่อคัดเลือกข้อมูลที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการวางแผนหาวิธีแก้ปัญหา รวมไปถึงการสรุป และประเมินค่าเพื่อนำไปสู่การนำเสนอในขั้นที่ 6 ขั้นสุดท้ายที่นักเรียนทำการนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาไปจนถึงองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม นักเรียนได้ฝึกพัฒนาการใช้เหตุผลอย่างเหมาะสมโดยการอธิบายการเชื่อมโยงปัญหาที่เป็นข้อกล่าวอ้าง และข้อมูลที่สืบค้นเพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหา (Alozie et al, 2010) และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยในการประเมินการเรียนรู้เรื่องทางวิทยาศาสตร์ซึ่งวัดทั้งหมด 3 สมรรถนะ 1 ใน 3 สมรรถนะดังกล่าว คือ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าหลังจากการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้น และทำการประเมินผลที่ได้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนเรียน 51.84 เป็น 60.81 คะแนน ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการประยุกต์ใช้ความรู้ และบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้คิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ และต้องการสำรวจตรวจสอบหาความรู้มา

แก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่มทำให้ผู้เรียนมีการให้เหตุผลโดยการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างปัญหาและข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะจนนำไปสู่การสรุปเป็นแนวคิด หรือองค์ความรู้ที่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ด้วยเหตุผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วย ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ดังนั้นด้วยปัญหาข้างต้น และจากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัม และการชน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจ และสามารถนำปริมาณที่บ่งบอกถึงผลกระทบจากความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุไปประยุกต์ใช้ผ่านการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ จนสามารถนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์ และมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น

#### ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีเกณฑ์ประสิทธิภาพอยู่ในระดับ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

#### สมมติฐานของงานวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

#### ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสำคัญดังนี้

1. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ได้กิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางในการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

2. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

### ขอบเขตของงานวิจัย

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ทั่วไปโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ที่กำลังเรียนวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 ห้อง

2. การสุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ที่กำลังเรียนวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียนได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทงสะเต็มศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน

5. ระยะเวลาในการวิจัย ระยะเวลาในการวิจัยผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 12 ชั่วโมง

### นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากรู้ คิดอย่างมีเหตุ มีผลในเชิงตรรกะ แล้วต้องการสำรวจตรวจสอบ หาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่มทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ

ในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของลู และคณะ(Lou, at al., 2010, p. 199) แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหาจากสถานการณ์ได้และตระหนักได้ว่าจำเป็นต้องสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยในขั้นนี้ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำวิเคราะห์สถานการณ์ และการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเพื่อหาข้อสรุปร่วมกันของปัญหาให้มีทิศทางเดียวกัน จากนั้นทำการระบุปัญหาลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาของตน โดยการระบุแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ที่คิดว่าเกี่ยวข้องและสามารถนำมาแก้ไขปัญหาของตนได้

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ตนได้ระบุไปในขั้นก่อนหน้านี้ โดยสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ และวางแผนดำเนินการแก้ปัญหาผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสังเคราะห์เพื่อหาวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่มีความเหมาะสมที่สุด และดำเนินการวางแผน และออกแบบวิธีการสร้างชิ้นงาน ซึ่งจะต้องบันทึกแบบร่างชิ้นงานลงในใบกิจกรรม และให้ครูผู้สอนตรวจในลำดับถัดไป

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุป และประเมินค่าชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานตัวต้นแบบของตนออกมาทำการทดสอบ เพื่อประเมินชิ้นงานถึงการแก้ไขปัญหาของตน ซึ่งอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงและนำมาทดสอบใหม่

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอ หลังจากหลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอชั้น โดยเริ่มตั้งแต่ปัญหาของกลุ่ม การทำความเข้าใจปัญหา การสืบค้นข้อมูล การวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงาน ตลอดจนถึงผลลัพธ์ในการแก้ไขปัญหา

**การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** หมายถึงการอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจ และอธิบายถึงวิธีการ และความเป็นไปของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสร้างความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และคำกล่าวอ้างที่เชื่อถือได้ซึ่งองค์ประกอบหลักของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบได้แก่

(1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) คือ ข้อสรุปหรือข้อค้นพบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือคำถามการทดลอง(2) หลักฐาน (evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากการทำปฏิบัติการทดลองที่นำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(3) การให้เหตุผล (reasoning) คือ เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการสร้างคำอธิบาย ซึ่งเป็นตรรกะที่ใช้สำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย

ในงานวิจัยนี้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดโดยใช้แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักการ McNeill and Kraicik (2008) ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยแบบปลายเปิดจำนวน 8 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง โมเมนตัม และการชน ซึ่งในแต่ละข้อจะประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

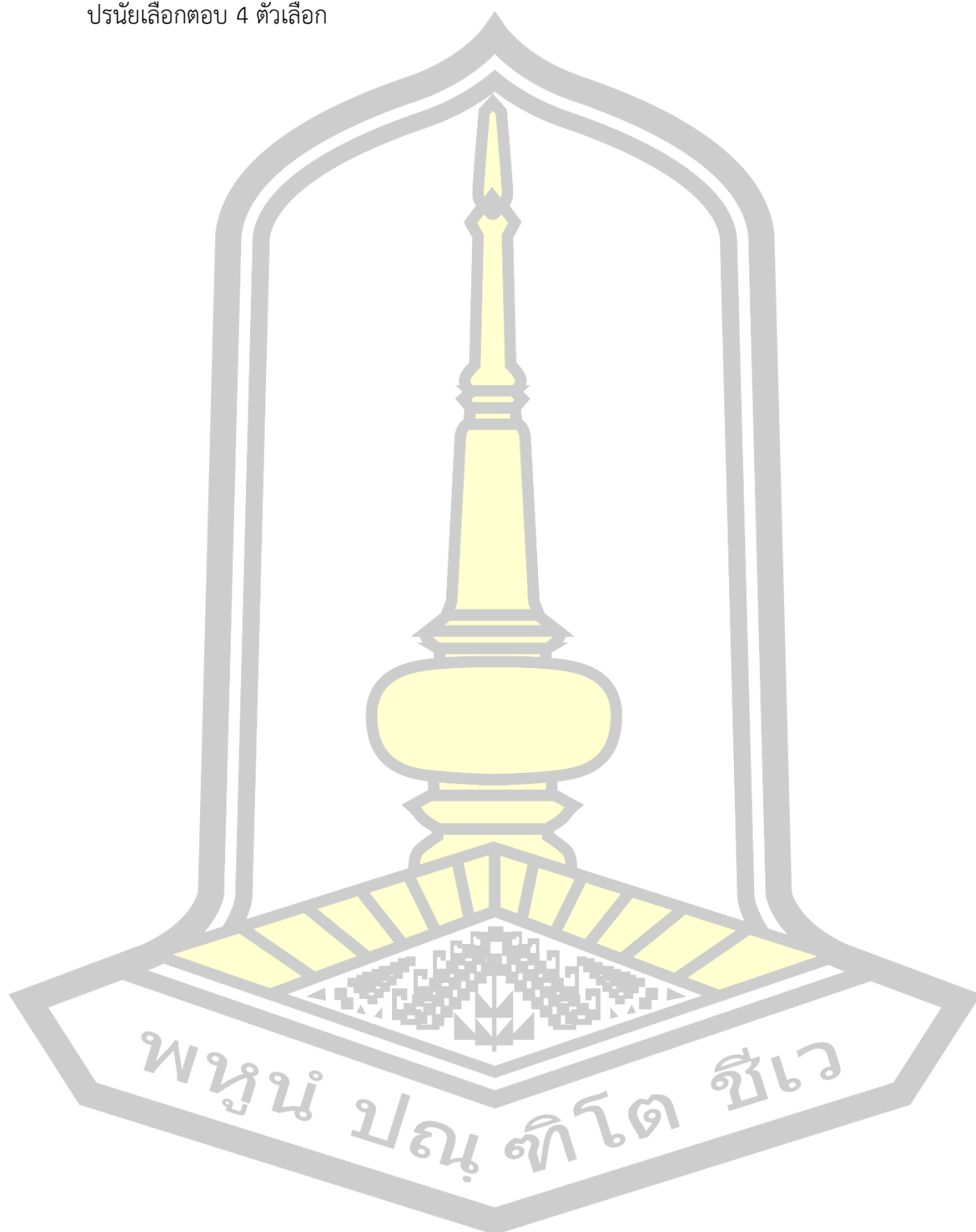
ประสิทธิภาพของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพ 75/75 หมายถึง ค่าตัวเลขที่บอกถึงประสิทธิภาพของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เป็นนวัตกรรมที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้ ประเมินจากใบกิจกรรมในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบย่อยท้ายแผนในทุกซึ่งเก็บหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนการสอนในสัดส่วน 50:50 ตามลำดับที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

เกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ เป็นค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่บ่งบอกว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งผลให้เกิดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือไม่ คำนวณได้จากการรวมคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบหลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกแผนการจัดการเรียนรู้ทำการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวม และคิดเป็นร้อยละ 75

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ และระดับการวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบ  
ปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก



## บทที่ 2

### เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโมเมนต์ และการชน ผู้วิจัยได้ศึกษา หลักการ แนวคิด ทฤษฎี จากเอกสาร และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยในครั้งนี้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

1.1 สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1.2 บริบทของโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

2.2 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

2.3 ขั้นตอนของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.4 บทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

2.5 ข้อดี และจำกัดของวิธีการสอนสะเต็มศึกษา

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3.1 ความหมายของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3.2 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3.3 ขั้นตอนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

3.5 ข้อดี และจำกัดของวิธีการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.2 ขั้นตอนของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 5.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 5.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 5.3 การทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
  6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    - 6.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย
    - 6.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  7. ประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือสื่อนวัตกรรมทางการศึกษา ( $E_1 / E_2$ )
    - 7.1 การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม
    - 7.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ
    - 7.3 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ
    - 7.4 การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรม
  8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ
- 1. ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551**
- 1.1 สาระสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)
    - 1.1.1 วิสัยทัศน์
 

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

### 1.1.2 หลักการ

1.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดมุ่งหมายและ มาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และ คุณธรรม บนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชนที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษา อย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

1.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชนที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

1.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

1.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

1.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

1.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

1.1.3 จุดมุ่งหมาย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มี สุขภาพ มี ศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดมุ่งหมาย เพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและ ปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจ พอเพียง

1.1.3.2 มีความรู้อันเป็นสากลและมีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

1.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

1.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

1.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนา สิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่าง มีความสุข

1.1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน การเรียนรู้และเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1.1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสารมีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาไทยถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

1.1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิด สังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

1.1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหา และ อุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม

1.1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

1.1.4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการ เรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

1.1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทย และพลโลกดังนี้

1.1.5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

1.1.5.2 ซื่อสัตย์สุจริต

1.1.5.3 มีวินัย

1.1.5.4 ใฝ่เรียนรู้

1.1.5.5 อยู่อย่างพอเพียง

1.1.5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

1.1.5.7 รักความเป็นไทย

1.1.5.8 มีจิตสาธารณะ

1.1.6 สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีสารและมาตรฐาน ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

### สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่าง สมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และ จิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลง สถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### สาระที่ 5 พลังงานมาตรฐาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลก และภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี และ เอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหา ความรู้และ จิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตร และการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม

### สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จากการศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สรุปได้ว่าเป็นหลักสูตรที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้เป็นมนุษย์ที่มีความ สมดุลทั้งร่างกาย ความรู้ คุณธรรม และมีทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพใน อนาคต ซึ่งจะมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเชื่อว่าทุกคนสามารถที่จะเรียนรู้ และพัฒนาตัวเองได้ เน้นให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ รวมทั้งคุณลักษณะที่พึงประสงค์เพื่อให้สามารถอยู่ ร่วมกันกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข โดยสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ได้กำหนดสาระให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ 8 สาระ คือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงแรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการ เปลี่ยนแปลง ของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งทั้ง 8 สาระนี้ ครอบคลุมองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการ ดำรงชีวิต หรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้

## 1.2 บริบทโรงเรียน

### ข้อมูลทั่วไปของโรงเรียน

โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ Kalasinpittayasan ที่ตั้ง 66 ถนนอรุณเปศล อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24. หมายเลขโทรศัพท์ 043-811278 และ 043-813409 เว็บไซต์ <http://www.kalasinpit.ac.th> พื้นที่ 41 ไร่ 1 งาน 32 ตารางวา

### ตราประจำโรงเรียน

รูปดวงอาทิตย์ เปล่งประกายเป็นลูกไฟสีแดง ด้านล่างเป็นแถบผ้าสีเขียวมีปรัชญาของโรงเรียนอยู่ในแถบผ้าเป็นตัวอักษรสีเหลือง เขียนว่า “การศึกษาคือชีวิต”



ความหมาย ดวงอาทิตย์ เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะจักรวาล เปรียบได้กับนักเรียนทุกคนที่เป็นผู้ที่มีความรู้ยิ่งใหญ่ ประดุจดวงอาทิตย์และมีความกล้าแกร่งในด้านวิชาการ จะเป็นผู้ที่มีความเจริญงอกงามเจิดจรัสอยู่ตลอดเวลา

ปรัชญาโรงเรียน สิกขา ว ชีวิตา โทตุ “การศึกษาคือชีวิต” การศึกษาเป็นการพัฒนาชีวิตของนักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุขและมีความเป็นไทย

คติพจน์ “ประพฤติดี มีวินัย ตั้งใจเรียน”

วิสัยทัศน์ เป็นสถานศึกษาชั้นนำ ตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสู่มาตรฐานสากล

ค่านิยม เป็นคนดี มีศีลธรรม ใฝ่เรียนรู้สู่คุณภาพตามมาตรฐานสากล

ต้นไม้ประจำโรงเรียน ต้นขี้เหล็ก

อักษรย่อ ก.พ.ส

สีประจำโรงเรียน เขียว-เหลือง

ความหมาย สีเขียว หมายถึง สีแห่งความร่มเย็น สดชื่น สีแห่งความเจริญงอกงาม ประดุจความรู้ และวิทยาการที่ได้รับการสั่งสมไว้ตลอดเวลา ซึ่งจะไปพัฒนาชีวิตของมนุษย์ให้เป็นคนดีของสังคม และสีเหลือง หมายถึง สีแห่งความสงบ สมถะ สันโดษ ประดุจผู้ทรงศีลเป็นพุทธปัญญาที่ส่องทางมนุษย์ไปสู่ความสว่างตามแนวพระพุทธศาสนา เขียว-เหลือง เมื่อรวมกันเข้าประดุจวิถีทางแห่งพุทธปัญญา เพื่อนพไปสู่ความเจริญงอกงามด้านวิทยาการสืบไป

## 2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

### 2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการศาสตร์ 4 วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งมีนักวิชาการศึกษาได้ให้ความหมายในลักษณะที่คล้ายกันดังต่อไปนี้

Breiner (2012) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ให้รวมเป็นหนึ่งเดียว

O'Neill (2012) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของวิชาทั้ง 4 วิชา และสามารถนำไปออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริง

อภิสิทธิ์ รัชช และคณะ (อ้างอิงจาก พรทิพย์ ศิริภักธาชัย, 2556) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่าเป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชาที่มีความสำคัญเท่ากัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้เพื่อแก้ปัญหาค้นคว้า สร้างสรรค์ และพัฒนาสิ่งต่างๆ

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) ได้ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการศาสตร์ความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชาโดยใช้องค์ความรู้จากสาขาวิชาต่างๆ มาประดิษฐ์สร้างขึ้นเป็นชิ้นงานมาแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีการพัฒนาผลงานขึ้นมาตอบสนองการแก้ปัญหา

ภาควงศ์ พุ่มพวง (2561) ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาระวิชา โดยมีการนำจุดเด่นของแต่ละสาระวิชามารวมกัน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน โดยสาระวิชาที่นำมาใช้ในการบูรณาการมีทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ 1. วิทยาศาสตร์ (Science) 2. เทคโนโลยี (Technology) 3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) 4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยที่ผู้เรียนจะต้องมีการนำความรู้ในแต่ละสาระวิชามาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่างๆ ที่พบในชีวิตจริง

กุสุมา แสงศรี (2561) ได้ระบุว่าสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการเนื้อหาโดยเน้นวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์และการเรียนรู้ผ่านกระบวนการและเครื่องมือทางเทคโนโลยีและวิศวกรรม โดยการนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว มุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และประกอบอาชีพในอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) (2557) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษาคือแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียน ในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษาที่มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยจึงทำการสรุปความหมายของสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ 4 สาขาวิชา รวมเข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และสมการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่จะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ ตั้งคำถาม คิดแก้ปัญหา และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

## 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ได้แก่

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิด การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น และสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น (กมลฉัตร กล่อมอิม และคณะ, 2557, น.129-139) กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่ 1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน 2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่ และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้ และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน 3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมการมีประสบการณ์ตรง และการ

แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ 4) ครูมีบทบาทในการจัด  
บริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้  
และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุกๆ ด้าน

2. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนจุดเน้น  
ของการเรียนแบบมีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่  
สัมพันธ์กับชีวิตจริงได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่างๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้  
การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่ และการทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557, น.3) กรอบแนวคิด  
ของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่ 1) นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้ง  
ทางตรง และทางอ้อม อาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้รับ  
ประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหาออก ทักษะการสร้างความรู้ใหม่  
และทักษะการทำงานกลุ่ม 2) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจเลือก  
บทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการ  
เรียนรู้ทุกขั้นตอน ฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกัน และทำรายงานผลการ  
เรียนรู้ 3) นักเรียนได้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองได้ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมกลุ่มฝึกฝนทักษะ  
การเรียนรู้ทักษะการบริหารจัดการ การเป็นผู้นำผู้ตาม และที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความ  
ความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน 4) ครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์  
ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนดกิจกรรม ของนักเรียน ในการนำเสนอประสบการณ์ในกรณีที่  
นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อย ผู้สอนอาจจะยกกรณี ตัวอย่างหรือสถานการณ์  
ก็ได้

3. ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) บรูเนอร์ เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่  
ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (discovery learning) (วารุณี  
หนองห้าง, 2553, น.35) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) ได้แก่ 1) ผู้สอน  
ควรจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดีมีความหมาย  
ต่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี 2) ก่อนสอนผู้สอนต้องมีการวิเคราะห์ และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระให้  
เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน 3) ผู้สอนควรจัดความคิดรวบยอดเนื้อหาสาระวิธีการสอน และ  
กระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการ  
เรียนรู้ได้ดี 4) ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระให้มากเพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์  
ของผู้เรียน 5) ผู้สอนสร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียน 6) ผู้สอนควรสอนความคิดรวบยอดให้แก่ผู้เรียน

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful verbal Learning) เน้นความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความเข้าใจ และมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ในโครงสร้าง สติปัญญาเกี่ยวกับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนอยู่แล้ว (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557, น.92) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful verbal Learning) ได้แก่ 1) ผู้สอนควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียน การสอนและก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจเรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่ 2) ผู้สอนควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำแต่สอน ให้เกิดการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน 3) ผู้สอนควรใช้ Advance organizer เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของผู้สอน 4) ผู้สอนควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยการจัดเรียงข้อมูลข่าวสาร ที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่ 5) ผู้สอนควรนำเสนอกรอบหลักการกว้างๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่

5. ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง และด้วยตนเองของผู้เรียนหากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิด และนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556, น.11) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ จะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำ และการเรียนรู้ต่อไป 2) เป็นการจัดสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันอันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถ และประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกัน และกัน การสร้างสรรค์ผลงาน และความรู้รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย 3) เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

### 2.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่าลักษณะหนึ่งของการจัดรูปแบบการเรียนรู้ STEM คือการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การใช้เลขและสมบัติวัสดุ เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความงอกงาม ด้านสติปัญญา ความเข้าใจ และฝึกทักษะทางสาระหลักมีโอกาสนำความรู้ไปใช้ในการออกแบบวิธีการหรือ กระบวนการในการ

แก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีเป็นผลิตภัณฑ์ของกระบวนการแบบลำดับขั้น ทางวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ชั้น (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558) ได้แก่

1. ชั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหา ตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุ อาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือ กิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหา และสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนที่ไป คือการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2. การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหา และจดบันทึกแนวคิดไว้เป็น ทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้น แล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึง ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี และจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไข และขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนที่ไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ประเมินตัดสินใจเลือก และใช้ความรู้ที่ได้มาใน การสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ ออกแบบวิธีการ และกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา แล้วขั้นตอนที่ไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบ และประเมินการใช้งาน ต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาผลที่ได้จากการทดสอบ และประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนา ผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบ และ ประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้ หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และน่าสนใจ

#### 2.4 บทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาครูต้องจัดเตรียมกิจกรรมที่ เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนและ ความสามารถของผู้เรียน และครูจะต้องมีบทบาทในการสอนที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทในกิจกรรมการเรียนการสอน	
	บทบาทของครู	บทของนักเรียน
1.ระบุปัญหา (Problem Identification)	ครูสร้างสถานการณ์ในการเรียนรู้ให้นักเรียนผ่านสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการในการแก้ปัญหา	นักเรียนวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือ วิธีการในการแก้ปัญหา
2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	ครูส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้น ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาแนะนำการสืบค้นข้อมูลที่เชื่อถือได้	นักเรียนหาข้อมูล และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเพื่อแก้ปัญหา
3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	ครูคอยดูแลและส่งเสริมให้ นักเรียนสร้างชิ้นงาน	นักเรียนนำความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทในกิจกรรมการเรียนการสอน	
	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	ครูคอยดูแลและส่งเสริมให้ นักเรียน สร้างชิ้นงาน	นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีมาสร้าง ชิ้นงาน
5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)	ครูสังเกตการทดสอบ และประเมินการ ใช้งาน ของชิ้นงานของนักเรียน	นักเรียนทดสอบ และประเมินการใช้ งานของชิ้นงานหรือวิธีการจากนั้นนำ ผลที่ได้ไป ปรับปรุงชิ้นงาน
6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	ครูรับฟังความคิดในการนำเสนอของ นักเรียน	นักเรียนนำเสนอแนวคิด และขั้นตอน การแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือ การพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ

ที่มา: (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561; สุทธิดา จำรัส, 2560)

#### 2.5 ข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการสอนแบบทางสะเต็มศึกษา

เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาก็พบเห็น ในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การ สร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มี ประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มศึกษาจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้ องค์ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่ สำคัญต่ออนาคตของประเทศซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (ศูนย์สเต็ม ศึกษาแห่งชาติ, 2558; กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) มีดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน
2. ผู้เรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มศึกษามากขึ้น
3. ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
4. หน่วยงานภาครัฐ และเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครู และ บุคลากรทางการศึกษา
5. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา
6. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทยเพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

#### 3.1 ความหมายของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าไว้ดังต่อไปนี้

Barrow (2523) ได้นิยามว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึงรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ แสวงหา และบูรณาการความรู้ใหม่ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในสภาพการณ์จริง โดยผู้เรียนอาจไม่จำเป็นต้องมีความรู้หรือพื้นฐานเรื่องนั้นมาก่อน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนไม่ใช่ผู้สอน ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ออกแบบโจทย์ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้และทักษะที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นๆ โดยผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้

ราชบัณฑิตยสถาน (2555) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง และดำเนินการแก้ปัญหาโดยเชื่อว่ากระบวนการต่างๆ ที่ผู้เรียนดำเนินการ เช่น การคิดวิเคราะห์ปัญหา การแสวงหาทางแก้ปัญหา ปฏิบัติการแก้ปัญหา การเก็บข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผล โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งรวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะการคิด และทักษะทางสังคมของผู้เรียนได้ด้วย

สิรินทรา มินทะชาติ (2556) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึงรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย และสนใจอยากรู้ใช้การประสมประสานความรู้เดิมกับความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบเป็นเครื่องนำไปสู่การสร้างเป็นองค์ความรู้

รุสตา จะปะเกีย (2558) การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนที่เริ่มต้นด้วยปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้สนใจซึ่งอยู่บนพื้นฐานความต้องการของผู้เรียน และได้ทำการศึกษาค้นคว้าจนค้นพบคำตอบด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการกลุ่มแล้วนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาร่วมกันอภิปรายทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดการแก้ปัญหา โดยครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ และ สนับสนุนในการเรียน

จริยญา ปรีชาวิภาช (2561) กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning หรือ PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนช่วยกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อย นำมาอภิปราย และสรุปผลร่วมกันเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ และเกิดทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาอย่างแท้จริง โดยจะต้องนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้สรุปความหมายไว้ดังนี้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน คือ รูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ในการหาวิธีแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด วิเคราะห์ และหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

### 3.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนที่เริ่มต้นด้วยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น และต้องการที่จะแสวงหาความรู้เพื่อขจัดความสงสัยดังกล่าว ซึ่งแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีนักการศึกษาได้ให้ไว้แตกต่างกันดังนี้

Hmelo & Evenson (2000 อ้างถึงใน บุญนำ อินทนนท์, 2551: 13) ได้สนับสนุนว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของ Piaget และ Vygotsky ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญา ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการสร้างความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดการซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการค้นพบของ Bruner ซึ่งเชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงมาจากการค้นพบของแต่ละบุคคล โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเมื่อผู้เรียนเผชิญกับปัญหาที่ไม่รู้ทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญหา และผลักดันให้ผู้เรียนไปแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่อแก้ปัญหา

Schmidit (1983: 11-12) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมีหลักการ 3 ประการคือ

1. ความรู้เดิม (Prior Knowledge) การเรียนสิ่งใหม่เป็นผลมาจากเรียนที่ผ่านมามีความรู้เดิมของผู้เรียนจึงมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจ และสร้างความรู้ใหม่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกระตุ้นความรู้เดิมของผู้เรียน

2. การเสริมความรู้ใหม่ (Encoding Specificity) ประสบการณ์ที่จัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้ใหม่มากขึ้นถ้ายังมีความคล้ายคลึงกันระหว่างสิ่งที่เรียนมา และสิ่งที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากเท่าไรก็จะยิ่งเรียนรู้ได้ดีมากขึ้นเท่านั้น

3. การต่อเติมความเข้าใจให้สมบูรณ์ (Elaboration of Knowledge) ความเข้าใจข้อมูลต่างๆ จะสมบูรณ์ได้ถ้าหากมีการต่อเติมความเข้าใจด้วยการตอบคำถามการอภิปรายกับผู้อื่นซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจ และจดจำได้ง่าย

Diana & Henk (1995: 1) กล่าวว่า การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวคิดให้ผู้เรียนพบกับ ปัญหาในกลุ่มย่อยภายใต้การควบคุมดูแลของผู้สอนประจำกลุ่ม ปัญหาส่วนมากเป็นการบรรยาย ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถรับรู้ในสภาพที่เป็นจริง ปรากฏการณ์อธิบายโดยกลุ่มย่อยบน พื้นฐานของหลักการ กลไกการทำงานหรือกระบวนการ

Gijselaers (1996: 4) กล่าวถึงหลักการของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสรุปได้ดังนี้

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้าง ไม่ใช่กระบวนการรับ การเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างความรู้เชื่อมโยงกันเป็นเครือข่ายมโนทัศน์ที่มีความหมาย จะช่วยในการจำ และระลึกข้อมูลซึ่งความรู้ เดิมนี้จะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้สิ่งใหม่

2. เมตาคognition (Metacognition) เป็นองค์ประกอบของทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนมี ผลกับการเรียน การตั้งเป้าหมายว่าจะทำอะไร การเลือกวิธีการว่าจะทำอย่างไร และการประเมินผลว่า สิ่งนั้นได้ผลหรือไม่เป็นการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

3. ปัจจัยทางสังคม และสภาพแวดล้อมทำให้ผู้เรียนได้ประสบปัญหาที่เป็นจริงหรือการได้ ปฏิบัติเกี่ยวกับอาชีพ ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้เกี่ยวกับการรู้คิดไปใช้ในการแก้ปัญหาปัจจัยทางสังคมมี อิทธิพลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล การทำงานเป็นกลุ่มทำให้มีการแสดง และแลกเปลี่ยนความคิด ก่อให้เกิดทางเลือกหลายแนวทาง

ทองจันทร์ หงส์ดารมภ์ (2531 : 3-4 อ้างถึงใน นัจญมีย์ สะอะ 2551: 14) กล่าวถึงแนวคิด ของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีอยู่ 2 ประการ คือ การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student- Centered Learning) และการเรียนรู้แบบเอกัตภาพ (Individualized Learning) ซึ่งสรุป ได้ดังนี้

1. การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมีแนวคิดอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีมนุษยนิยมของ Rogers ซึ่งมีความเชื่อว่าเป็นเป้าหมายของการศึกษา คือการอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเห็นการ เปลี่ยนแปลงในโลก และเกิดการเรียนรู้ การที่คนเราอยู่ในโลกที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่าง

ต่อเนื่องได้อย่างมั่นคงนั้น คนต้องเรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร เนื่องจากไม่มีความรู้ใดที่มั่นคง ดังนั้น การที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการแสวงหาความรู้เท่านั้นจึงจะทำให้เกิดพื้นฐานที่มั่นคงซึ่ง Rogers ได้เน้น ความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) เพราะถือว่าในการเปลี่ยนแปลงนั้น กระบวนการสำคัญกว่าความรู้ที่หยุดนิ่ง เป้าหมายของการศึกษา คือ การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้บุคคลมีพัฒนาการ และเจริญเติบโตไปสู่การทำงานได้เต็มศักยภาพ

2. การเรียนรู้แบบเอกัตภาพ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์ของผู้เรียน เป็นรายบุคคล หรือการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกันให้กับกลุ่มผู้เรียน เทคนิคการสอนอาจใช้อย่างเดียวหรือหลายอย่างร่วมกันโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนระบุเป้าหมาย เลือกวิธีการเรียน สื่อ และอุปกรณ์ การเรียนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคนซึ่ง ทองจันท์ หงส์ลดารมภ์ (2531: 4) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบเอกัตภาพไม่สามารถจัดการเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แม้ว่าการเรียนแบบนี้จะได้ผลดีมากแต่จะทำให้ผู้เรียนเป็นผู้คับแคบซึ่งในการทำงานใดๆ จะสำเร็จได้ดีต้องอาศัยความร่วมมือของทีมงาน โดยเฉพาะบุคลากรทางการแพทย์ต้องมีผู้ร่วมงานในทีมสุขภาพหลายระดับวิธีสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงใช้การเรียนเป็นกลุ่มโดยให้ผู้สอนอยู่ด้วยเพื่อทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ในกลุ่ม มาเป็นหลักในการเรียน

การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานของความรู้ที่มีอยู่ ซึ่งแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีดังนี้

1. ทฤษฎีสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของ Piaget และ Vygotsky ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาที่ ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการสร้างความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดการซึมซับ ดูดซึมประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างสติปัญญาให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ (Gijsselaers, 1996: 13)

2. ทฤษฎีการประมวลสารสนเทศหรือข้อมูลข่าวสาร (Information Processing Theories) มีความคิดพื้นฐานว่าในการเรียนรู้สิ่งใดๆ ก็ตามผู้เรียนสามารถควบคุมอัตราความเร็วของ การเรียนรู้ และขั้นตอนของการเรียนรู้ได้ และการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงความรู้ของผู้เรียนทั้งทางด้าน ปริมาณ และคุณภาพ (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2541 : 220) ซึ่งสนับสนุนโดย Hmelo & Lin กล่าวว่า "การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการประมวลสารสนเทศหรือข้อมูลข่าวสาร คือ เป็นการนำข้อมูลข่าวสารหรือสารสนเทศไปใช้ในการแก้ปัญหา" (Hmelo & Lin, 2000 : 231-232)

3. ทฤษฎีทางสังคมวัฒนธรรม (Sociocultural Theories) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับการฝึกงานทางพุทธิปัญญา (Cognitive Apprenticeship) ซึ่งสนับสนุนโดย Hmelo & Lin กล่าวว่าทฤษฎีทางสังคมวัฒนธรรมซึ่งเป็นทฤษฎีที่สนับสนุนการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเองในการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน" (Hmelo and Lin, 2000: 231-232 อ้างถึงใน อารมณ์ แสงรัศมี, 2543: 16)

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ (Androgogy) เชื่อว่าการเรียนรู้จะเรียนได้มากที่สุด เมื่อผู้เรียนมีส่วนเกี่ยวข้องในการเรียนรู้ด้วยตนเองทฤษฎีดังกล่าวนี้ตั้งอยู่บนข้อสมมติฐานการเรียนรู้ 4 ประการคือ (Knowles, 1975 : 48 อ้างถึงใน อารมณ์ แสงรัศมี, 2543: 17)

4.1 อัจฉริยะ (Self-Concept) เมื่อบุคคลเจริญเติบโต และมีวุฒิภาวะมากขึ้น ความรู้ที่รับผิดชอบต่อตนเองก็มีมากขึ้นตามลำดับ และถ้าหากบุคคลรู้สึกว่าตนเองเจริญวัย และมีวุฒิภาวะถึงขั้นที่จะควบคุม และนำตนเองได้บุคคลก็จะเกิดความต้องการทางจิตใจเพื่อที่จะได้ควบคุม และนำตนเอง ผู้ใหญ่จะมองตนเองว่าสามารถควบคุม และนำตนเองได้โดยไม่ต้องพึ่งคนอื่น

4.2 ประสบการณ์ (Experience) บุคคลเมื่อมีอายุมากขึ้นก็ยิ่งให้ประสบการณ์เพิ่มมากขึ้นตามลำดับซึ่งประสบการณ์ต่างๆ ที่แต่ละคนได้รับจะเสมือนแหล่งทรัพยากรมหาศาลของการเรียนรู้ และในขณะเดียวกันประสบการณ์เหล่านั้นก็จะสามารถรองรับการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง

4.3 ความพร้อม (Readiness) ผู้ใหญ่พร้อมที่จะเรียนเมื่อเห็นว่าสิ่งที่เรียนไป นั้น มีความหมาย และมีความจำเป็นต่อบทบาท และสถานภาพทางสังคมผู้ใหญ่เป็นผู้ที่มีหน้าที่การงานมีบทบาทในสังคม ดังนั้นผู้ใหญ่จึงพร้อมที่จะเรียนเสมอ หากสิ่งที่เรียนไปนั้นมีประโยชน์ต่อตนเอง นั่นคือเรียนไปเพื่อเป็นส่วนประกอบสถานภาพทางสังคมเพื่อให้ตนเองเป็นยอมรับของสังคม

4.4 แนวโน้มต่อการเรียนรู้ (Orientation to Learning) ผู้ใหญ่เป็นผู้ที่มีบทบาท และสถานภาพทางสังคม การเรียนรู้ของผู้ใหญ่จึงเป็นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันยึดปัญหาเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ผู้ใหญ่จะเรียนก็ต่อเมื่อความรู้ที่ได้รับจากการเรียนนั้น จะต้องนำไปใช้ได้โดยทันที เนื้อหาในการเรียนจะต้องเป็นเรื่องใกล้ตัวผู้เรียน ผู้เรียนเรียนแล้วเกิดประโยชน์ต่อตนเอง ผู้ใหญ่จะไม่เสียเวลาไปเรียนในสิ่งที่ไม่เกิดประโยชน์ต่อตนเอง

บุญนำ อินทนนท์(2551: 14) ได้สรุปว่าการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวคิด พื้นฐานมาจากกระบวนการสร้างความรู้ใหม่โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมที่มีอยู่ด้วยตนเองจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ต้องลงมือกระทำด้วยตนเองจนการค้นพบความรู้หรือข้อมูลใหม่ และสามารถ

นำข้อมูลออกมาใช้ในการกระทำ และการแก้ปัญหาต่างๆ ได้โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางเท่านั้น

ดังนั้น สรุปได้ว่าการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวคิดพื้นฐานมาจากกระบวนการสร้างความรู้เป็นกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาที่ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมที่มีอยู่ด้วยตนเอง กระบวนการเรียนรู้เป็นไปตามสภาพแวดล้อมที่ทำให้ผู้เรียนได้ประสบกับสภาพปัญหาจริง ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และเกิดการซึมซับประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างให้เข้ากับประสบการณ์นั้นๆ สามารถนำข้อมูลออกมาใช้ในการกระทำ และการแก้ปัญหาต่างๆ ได้

### 3.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานพบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังต่อไปนี้

Abulfattah, A., & Supahar. (2019). ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding problems) กำหนดปัญหา วิเคราะห์ และอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับปัญหา

2. วางแผนแนวทางแก้ไข (Planning solutions) วางแผน และออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหา

3. แก้ปัญหา (Solve the problems) แก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. ตรวจสอบ (Re-checking) ตรวจสอบ และประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา

Etherington, M. B. (2011) เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ถามคำถาม (Ask questions) นักเรียนใช้ความรู้ และประสบการณ์เดิมในการวิเคราะห์ปัญหา

2. ตั้งสมมติฐาน (Propose hypothesis) ตั้งสมมติฐานจากปัญหาโดยใช้ความรู้ และประสบการณ์เดิม

3. แยก และควบคุมตัวแปร (Isolate and control variables) นักเรียนสามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. รวบรวมข้อมูล (Keep records) เปรียบเทียบคำตอบกับข้อมูลที่รวบรวมไว้

5. เปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้เหตุผล (Reason by analogy) เปรียบเทียบจากข้อมูลที่มีกับข้อมูลเพิ่มเติมที่คล้ายคลึงกัน

6. ตัวอย่าง (Model) ใช้แผนภาพ แผนผังความคิด กราฟ เพื่ออธิบายวิธีแก้ปัญหา

Ponimin (2018) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน อธิบายปัญหา (Describe the problem) รวบรวมข้อมูล (Organize students) แนวทางในการแก้ปัญหา (Guide the investigation) พัฒนา (Develop) วิเคราะห์ และประเมิน (Analyze and evaluate)

Siti Juleha (2019) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. สถานการณ์ปัญหา (Problem scenario) เริ่มจากนักเรียนจะได้รับสถานการณ์ปัญหา
2. ระบุข้อเท็จจริง (Identify facts) กำหนด และวิเคราะห์ปัญหาโดยระบุข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์จำลอง
3. สร้างสมมติฐาน (Generate hypotheses) เมื่อเข้าใจปัญหานักเรียนจะทำการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้
4. ระบุข้อบกพร่องของความรู้ (Identify knowledge deficiencies) นักเรียนจะระบุข้อบกพร่องด้านความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับปัญหา
5. ใช้ความรู้ใหม่ (Apply new knowledge) ใช้ความรู้ประเมินสมมติฐานโดยคำนึงถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้
6. นามธรรม (Abstraction) นักเรียนจะสะท้อนให้เห็นถึงความรู้ที่ได้รับ

WaWan Wahyu (2016) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานไว้ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดปัญหา (Orientation to students about the problems) ในขั้นตอนนี้ครูอธิบายเกี่ยวกับปัญหา และกระตุ้นให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา
2. จัดให้นักเรียนได้เรียนรู้ (Organizing students to learn) นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้จากการเชื่อมโยงความรู้
3. แนวทางในการแก้ปัญหา (Guiding the investigation of individual and group) นักเรียน รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อวางแผนแนวทางในการแก้ปัญหา
4. การพัฒนา และนำเสนอผลงาน (Developing and presenting creation based on work) นักเรียนนำเสนอผลงาน และแลกเปลี่ยนข้อมูลกับกลุ่มอื่นๆ
5. วิเคราะห์ และประเมิน (Analyzing and evaluating the process to solve the problems) ครูให้นักเรียนประเมินเกี่ยวกับการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for Problem-Base Learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois University) สหรัฐอเมริกา (Torp & Sage, 1998, p.35-43 citing Illinois Problem-Base Learning Network, 1996) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเป็นผู้เผชิญกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งการเตรียมความพร้อมนี้ขึ้นอยู่กับอายุความสนใจ ภูมิหลังของผู้เรียน ในการเตรียมความพร้อมนี้จะให้ผู้เรียนได้อภิปรายเกี่ยวเนื่องถึงเรื่องที่จะสอนอย่างกว้างๆ ซึ่งจะต้องตระหนักว่าการเตรียมความพร้อมนี้ไม่ใช่การสอนเนื้อหาท่อน เพราะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่างจากการเรียนรู้แบบอื่นตรงที่ความรู้หรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะเป็นผลมาจากการแก้ปัญหา

2. ขั้นพบปัญหา ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดบทบาทของตนในการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการที่จะแก้ปัญหาซึ่งครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปราย และเสนอความคิดเห็นต่อปัญหาเพื่อมองเห็นถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร (What We Know) เราจำเป็นต้องรู้อะไร (What We Need to Know) และแนวคิดของเราในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมผู้เรียนได้พัฒนาสิ่งที่ตนรู้อะไรที่จำเป็นต้องรู้ และแนวคิดอะไรที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา และเตรียมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปแก้ปัญหาในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำความเข้าใจปัญหาและพร้อมที่จะสำรวจค้นหาหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ครูจะให้นักเรียนกำหนดสิ่งที่ตนเองรู้จากสถานการณ์ปัญหา สิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติมที่จะมาส่งเสริมให้สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะระบุแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้า และแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยเขียนลงตารางอย่างสัมพันธ์กันทั้ง 3 สดมภ์ ดังตารางนี้

ตารางที่ 2 รูปแบบการบันทึกสิ่งที่รู้สิ่งที่ต้องรู้เพิ่มเติม และแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหา

สิ่งที่รู้	สิ่งที่จำเป็นต้องรู้	แนวคิด

ที่มา: ทอร์พ ลินดา และแซค ซารา (Torp Linda & Sage Sara ,1998, p.35-43)

4. ขั้นกำหนดปัญหา จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่เผชิญ และกำหนดเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ซึ่งช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาที่ดี

5. ขั้นการค้นคว้า รวบรวมข้อมูล และเสนอข้อมูล ผู้เรียนจะช่วยกันค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต้องรู้จากแหล่งข้อมูลที่กำหนดไว้แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเสนอต่อกลุ่มให้เข้าใจตรงกัน จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ ประการแรกเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนวางแผน และดำเนินการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพพร้อมทั้งเสนอข้อมูลนั้นต่อกลุ่ม ประการที่สองเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจว่าข้อมูลใหม่ที่ค้นคว้ามามีทำให้เข้าใจปัญหาอย่างไร และจะประเมินข้อมูลใหม่เหล่านั้นว่าสามารถช่วยเหลือให้เข้าใจปัญหาได้อย่างไร ประการที่สามเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถทางการสื่อสาร และการเรียนรู้แบบร่วมมือซึ่งช่วยให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

6. ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ค้นคว้ามากับปัญหาที่กำหนดไว้ แล้วแก้ปัญหาบนฐานข้อมูลที่ค้นคว้ามานี้เนื่องจากปัญหาที่ใช้ในภาคเรียนรู้อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ ดังนั้นในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ให้มากที่สุด

7. ขั้นการประเมินค่าของคำตอบ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนทำการประเมินค่าสิ่งที่มาช่วยในการแก้ปัญหา และผลของคำตอบที่ได้ในแต่ละปัญหาว่าทำให้นักเรียนรู้อะไรซึ่งนักเรียนจะแสดงเหตุผล และร่วมกันอภิปรายในกลุ่มโดยใช้ข้อมูลที่ค้นคว้ามานี้เป็นพื้นฐาน

8. ขั้นการแสดงคำตอบ และการประเมินผลงานในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเชื่อมโยง และแสดงถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ความรู้ได้อย่างไร และทำไมความรู้นั้นถึงสำคัญซึ่งในขั้นนี้ผู้เรียนจะเสนอผลงานของตนเอง และกลุ่มไปด้วย

9. ขั้นตรวจสอบปัญหาเพื่อขยายความรู้ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนจะพิจารณาจากปัญหาที่ได้ดำเนินการเรียนรู้ นักเรียนอาจจะมีสิ่งที่ยากหรือนอกจากที่ครูได้จัดเตรียมไว้ให้

จากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 9 การดำเนินการเรียนรู้จะดำเนินการเป็นวงจรหากขั้นใดมีข้อสงสัยก็ย้อนกลับไปขั้นก่อนหน้านั้นได้ เมื่อจบการเรียนรู้จากปัญหาหนึ่งๆแล้วจะกำหนดปัญหาใหม่ของการเรียนรู้จากขั้นที่ 9 ที่นักเรียนมีความต้องการเรียนรู้ และในแต่ละขั้นจะประกอบด้วย การประเมินผลการเรียนรู้ไปพร้อมกันด้วย

โรงเรียนแพทย์ที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด เมืองบอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนารูปแบบ PBL ชนิดผสมผสานที่เรียกว่า hybrid model PBL โดยมีความแตกต่างจาก PBL เดิมตรงที่ยังคงมีการบรรยายตามแบบระบบการศึกษาเดิมรวมอยู่ด้วย แต่ได้ลดจำนวนชั่วโมงบรรยายลงโดยเลือกบรรยาย

เฉพาะเรื่องที่เป็นกุญแจสำคัญ และเชื่อมโยงกับการเรียนในระดับชั้นคลินิก และขั้นตอนของ PBL ที่โรงเรียน แพทย์ฮาร์วาร์ดมีเพียง 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 กลุ่มนักศึกษาจะได้รับโจทย์ปัญหาโดยมิได้มีโอกาสศึกษาล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหานี้มาก่อน

ขั้นตอนที่ 2 ระบุตัวปัญหาจากโจทย์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ระบุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ต้องไปเรียนรู้เพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 4 สมาชิกกลุ่มแต่ละคนจะแยกย้ายกันไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมตามที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 5 กลุ่มจะกลับมาพบกันใหม่ อภิปรายต่อเติมความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม และทบทวนว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ถ้ายังไม่ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์อาจต้องแยกย้ายกันไปหาข้อมูล และกลับมาพบกันอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 กลุ่มช่วยกันสังเคราะห์ข้อมูล และสรุปหลักการที่ได้จากการศึกษาปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นๆต่อไป

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษากระทรวงศึกษาธิการ (2550) กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหาสามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันอภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุป และประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอ และประเมินผลงานผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ขั้นที่ 5 สรุป และประเมินค่าของคำตอบ ขั้นที่ 6 นำเสนอ และประเมินผลงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน และคล้ายคลึงกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเหมาะสมกับบริบทการวิจัยที่เน้นให้นักเรียนตั้งปัญหา ค้นคว้าศึกษาด้วยตนเองและสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาของตน

### 3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

#### บทบาทของผู้สอน

ผู้สอนมีบทบาทโดยตรงต่อการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นลักษณะของผู้สอนที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานควรมีลักษณะดังนี้ (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ,2550)

1. ผู้สอนต้องมุ่งมั่น ตั้งใจสูง รู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองเสมอ
2. ผู้สอนต้องรู้จักผู้เรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของผู้เรียนเพื่อสามารถให้คำแนะนำช่วยเหลือผู้เรียนได้ทุกเมื่อทุกเวลา
3. ผู้สอนต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ ชัดเจนทุกขั้นตอนเพื่อที่จะได้แนะนำให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง
4. ผู้สอนต้องมีทักษะ และศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และการติดตามประเมินผลการพัฒนาของผู้เรียน
5. ผู้สอนต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้วยการจัดหาสนับสนุนสื่ออุปกรณ์เรียนรู้ให้เหมาะสมเพียงพอ จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเทอร์เน็ต
6. ผู้สอนต้องมีจิตวิทยาสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวในการเรียนรู้ตลอดเวลา
7. ผู้สอนต้องชี้แจง และปรับทัศนคติของผู้เรียนให้เข้าใจ และเห็นคุณค่าของการเรียนรู้แบบนี้
8. ผู้สอนต้องมีความรู้ ความสามารถด้านการวัด และประเมินผลผู้เรียนตามสภาพจริงให้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติให้ครบทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ สำหรับเทคนิคหรือเงื่อนไขจำเป็นในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีดังนี้

1) เทคนิคในการเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ควรเป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวันเรื่องใกล้ตัว เป็นรูปธรรมทันต่อเหตุการณ์หรือมีความชัดเจน

2) การใช้คำถามในการกำหนดปัญหาต้องเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหาสาระที่ต้องการให้ผู้เรียนเป็นคำถามที่ท้าทายกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนอยากค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง

3) ในขั้นการทำความเข้าใจกับปัญหาควรให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมช่วยกันกำหนดปัญหา และให้ทุกคนได้รับทราบอย่างพร้อมกันอย่างชัดเจน เทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจ และใช้ได้ผลดีคือการนำเสนอเป็นแผนผังความคิดโดยให้สมาชิกจากทุกกลุ่มได้ช่วยกันคิด และบันทึกลงบนกระดานหน้าชั้นเรียนแสดงขอบเขตที่จะศึกษาในปัญหานั้นๆ

4) การเตรียมผู้เรียนให้เกิดความพร้อมเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ใจการดำเนินการควรใช้วิธีการจัดกลุ่ม โดยละเอียดชายหญิง และความสามารถในการเรียน โดยพิจารณาจากข้อมูลพื้นฐานทางการเรียนของผู้เรียน กำหนดให้สมาชิกกลุ่มแต่ละคนมีบทบาทหน้าที่ ประธาร เลขานุการ ผู้สนับสนุน และผู้รายงาน และถ้ามีการเรียนรู้โดยกระบวนการกลุ่มแต่ละครั้งผู้เรียนต้องหมุนเวียนเปลี่ยนหน้าที่กันเพื่อให้ทุกคนได้มีโอกาสทำงานในทุกบทบาทหน้าที่ การแนะนำให้ผู้เรียนรู้จักเทคนิควิธีการที่จะเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นผู้เรียนจะต้องเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้รับฟังเพียงอย่างเดียวมาเป็นผู้ค้นคว้าศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองผู้สอนจึงต้องเตรียมความพร้อมผู้เรียนมากพอสมควร โดยผู้สอนใช้เทคนิคในการใช้คำถามเพื่อนำผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

5) ในการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นจะมีความเหมาะสมสอดคล้องกับธรรมชาติของการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์แต่ในบางเนื้อหาอาจยากเกินไป เช่น การคำนวณ ซึ่งผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจหรือเนื้อหาที่ยากต่อการสืบค้นข้อมูลของผู้เรียนตลอดจนข้อจำกัดของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนขาดความรับผิดชอบหรือมีภาระงานมากมีปัญหาด้านเศรษฐกิจ และเวลาที่ไม่เพียงพอของผู้เรียน ผู้สอนจำเป็นต้องใช้เทคนิคนั้นเข้ามาแทรกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีหลากหลายวิธีตามความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ เช่น การเรียนรู้จากการฟังผู้สนธิบายแสดงเหตุผลประกอบกับการซักถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดข้อสรุปการเรียนรู้จากสถานการณ์จริง โดยเฉพาะในสาระที่เกี่ยวกับทักษะภาษา เช่นภาษาไทย และภาษาอังกฤษซึ่งมีข้อจำกัดพอสมควร โดยที่วิชาภาษาไทยต้องฝึกทักษะการอ่าน ฟัง พูด เขียนมากกว่าการตั้งปัญหาให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าทำให้ไม่สามารถใช้ขั้นตอนการสอนในแนวทางนี้ได้สมบูรณ์ และโดยเฉพาะวิชาภาษาอังกฤษ เพราะผู้เรียนต้องใช้ความสามารถคิดสองภาษา

6) ระยะเวลาในการสอนควรยืดหยุ่นพอสมควร และค่อนข้างจะใช้เวลามากกว่าเวลาในหลักสูตรปกติ เพราะผู้เรียนจำเป็นต้องมีการระดมความคิด อภิปราย และค้นคว้าจากแหล่งความรู้ต่างๆ

7) การเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการคิดควรจัดให้เป็นการบูรณาการการเรียนรู้อื่นทั้งในด้านเนื้อหา และการประเมินผลจะเป็นการทำงานที่ไม่ซ้ำซ้อน เป็นการสืบค้นหาข้อมูลจากแหล่งเดียวแต่สามารถตอบคำถามประเด็นจากหลายวิชาอย่างน้อยในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีการบูรณาการ 2 รายวิชาขึ้นไป

8) การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานนี้จะสร้างศักยภาพให้แก่ผู้เรียนที่สนใจใฝ่รู้อุ้มนั้นได้เป็นอย่างดี ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเรื่องที่ตนเองศึกษาอย่างถ่องแท้ลึกซึ้ง และจำจดได้นานกว่าการบอกความรู้ของผู้สอน แต่ในวัฒนธรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนไทยยังคุ้นเคยกับวิธีการเรียนแบบเดิมๆ ที่ให้ผู้สอนบอกความรู้ ดังนั้นการสร้างวัฒนธรรมในการเรียนรู้แบบใหม่นี้ น่าจะเริ่มใช้ในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อเป็นการวางรากฐานก่อนโดยสร้างทักษะที่จำเป็น โดยเฉพาะการสืบค้นหาข้อมูลซึ่งผู้สอน และผู้บริหารต้องมีส่วนในการจัดบรรยากาศ และแหล่งเรียนรู้ให้เพียงพอแก่ผู้เรียน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้เรียนด้านเศรษฐกิจมากเกินไป

9) การจัดการเรียนรู้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องหาหรือวางแผนการจัดกิจกรรม นำเสนอขอความเห็นชอบจากผู้บริหาร โรงเรียน ฝ่ายวิชาการ ผู้ปกครอง และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานจะมีความแตกต่างจากการสอนโดยใช้เทคนิคอื่น นั่นคือ ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงไปสู่สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตร ผู้เรียนจะไม่เปิดหนังสือตำราแบบเรียนแบบเรียงทีละหน้า เมื่อใดที่มีปัญหา และผู้เรียนอยากเรียนรู้เรื่องใดผู้เรียนจะต้องค้นคว้าจากหนังสือจำนวนมากเพื่อหาคำตอบในเรื่องที่ผู้เรียนสนใจซึ่งแหล่งความรู้ไม่ได้จำกัดเฉพาะในหนังสือแบบเรียน แต่เป็นเอกสารทุกเรื่องไม่ว่าจะเป็นหนังสือพิมพ์ สารสาร บทความ สารานุกรม เอกสารงานวิชาการ อินเทอร์เน็ตรวมถึงการเรียนรู้จากผู้ปกครอง ชาวบ้าน หรือแม้แต่แหล่งเรียนรู้ที่เป็นสถานที่ต่างๆ หน่วยงานราชการในพื้นที่จึงสรุปได้ว่าการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการสอนให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับทุกอย่างรอบตัว และสิ่งแวดล้อมรอบข้างของผู้เรียนจะเป็นผู้สอนของผู้เรียนโดยธรรมชาติ

### บทบาทของผู้เรียน

Barrows & Tamblyn (1980: 82) กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนว่า ผู้เรียนเป็นผู้กระทำโดยตรง ไม่ใช่ผู้รับ ผู้เรียนไม่ใช่ผู้ฟัง สังเกต เขียน และจดจำแต่เป็นการถามเพื่อปฏิบัติ คิด เข้ามามีส่วนร่วม แสดงความคิดเห็นอย่างเปิดเผย และเรียนด้วยความพยายาม

อาภรณ์ แสงรัศมี (2543: 25) สรุปบทบาทของผู้เรียนว่า ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ตัดสินใจว่าจะอะไร และอย่างไรที่พวกเขาจะต้องเรียน ผู้เรียนจะต้องมีความรับผิดชอบ เรียนรู้ด้วยความริเริ่มของตนเองตั้งแต่การวางแผนการดำเนินการ และการประเมินผล บทบาทของผู้เรียนเปรียบเสมือนผู้แก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างแท้จริง

วัลลี สัตยาศัย (2547: 58-59) สรุปบทบาทหน้าที่ของผู้เรียนหรือผู้นำกลุ่มไว้ดังนี้

1. เป็นผู้ริเริ่มหรือนำการอภิปราย
2. กระตุ้นให้สมาชิกภายในกลุ่มทุกคนได้แสดงความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกัน
3. ควบคุมดูแลให้กระบวนการอภิปรายเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้วางไว้
4. คอยจับประเด็นที่สมาชิกกลุ่มอภิปราย
5. ควบคุม และรักษาเวลาให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้
6. ดูแลให้ผลของกระบวนการกลุ่มเป็นไปตามวัตถุประสงค์

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 13) สรุปบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ว่า

1. ผู้เรียนต้องปรับทัศนคติในบทบาทหน้าที่ และการเรียนรู้ของตนเอง
2. ผู้เรียนต้องมีคุณลักษณะด้านการใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงานร่วมกัน อย่างเป็นระบบ
3. ผู้เรียนต้องได้รับการวางพื้นฐาน และฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น กระบวนการคิด การสืบค้นข้อมูล การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การสรุป การนำเสนอผลงาน และการประเมินผล
4. ผู้เรียนต้องมีทักษะการสื่อสารที่ดีพอ

นัจญ์มีย์ สะอะ (2551: 32) สรุปบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่า ผู้เรียนต้องเรียนรู้ปัญหา และต้องแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการ แก้ปัญหา การเรียนเป็นกลุ่มย่อย การสืบเสาะหาความรู้ การคิด และการตัดสินใจที่ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างแท้จริง

ซาฟีนา หลักแหล่ง (2552: 33) สรุปบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่าผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตัดสินใจว่าจะอะไรที่จะต้องเรียน และจะต้องเรียนอย่างไร ผู้เรียนจะต้องมีความรับผิดชอบเรียนรู้ด้วยความคิดริเริ่มของตนเองตั้งแต่การวางแผนการดำเนินการและการประเมินผล บทบาทของผู้เรียนเปรียบเสมือนผู้แก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างแท้จริง

ดังนั้นสรุปได้ว่า บทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการเรียนรู้โดยมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้น ผ่านกระบวนการกลุ่มทำการสำรวจค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะในการแก้ปัญหา

### 3.5 ข้อดี และจำกัดของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากงานวิจัยหลายชิ้นพบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีจุดเด่นที่สำคัญ คือ ผู้เรียนจะมีทักษะในการตั้งสมมติฐาน และการให้เหตุผลดีขึ้นสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำงานเป็นกลุ่ม และ สื่อสารกับผู้อื่นได้ดีขึ้น และมีประสิทธิภาพความคงอยู่ของความรู้มากกว่าการเรียนแบบบรรยาย นอกจากนี้ บรรยากาศการเรียนรู้มีชีวิตชีวาสามารถจูงใจให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้อีกขึ้น และยังส่งเสริมความร่วมมือ และการทำงานร่วมกันระหว่างภาควิชาหรือหน่วยงาน ซึ่งข้อจำกัดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งยังเป็นประเด็นที่ถกเถียงกัน ได้แก่ ครูมีความกังวลว่าผู้เรียนจะมีความรู้ที่น้อยลง ความรู้ที่ได้รับจะไม่เป็นระบบความถูกต้องของเนื้อหาหรือข้อมูลที่ผู้เรียนไปค้นคว้าศึกษามาตลอดจนครูต้องมีทักษะที่หลากหลายมากกว่าการสอนแบบบรรยาย ในส่วนของผู้เรียนจะกังวลเกี่ยวกับความถูกต้องของเนื้อหา ไม่มั่นใจว่าสิ่งที่ตนเองไปเรียนรู้มาถูกต้องหรือไม่ขอบเขตของการเรียนรู้ต้องเรียนรู้อีกน้อยเพียงไรรวมถึงความแตกต่างกันของครูหรือผู้สอนประจำกลุ่ม นอกจากนี้ อาจยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับงบประมาณหรือสิ่งสนับสนุนที่ใช้จำนวนครูการบริหารจัดการ ซึ่งต้องมีการประสานงาน และร่วมมือกันอย่างดีระหว่างภาควิชา และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

## 4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

### 4.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Lou, et al. (2011, p.199) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือ

ใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ และชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน

#### 4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Lou, et al. (2011, p.199) ได้เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียนเพื่อยืนยันปัญหา และให้นักเรียนร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบอบุคคลประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ชี้แจงวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแผนในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางแผนการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ชี้แจงแผนการสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผน และกำหนดขั้นตอนสำรวจหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ชี้แจงปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของชิ้นงานอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ชี้แจงประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินชิ้นงานแล้วพบว่าชิ้นงานยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองพร้อมกับอธิบายกระบวนการ และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

จากการสอบถามครูผู้สอนประจำรายวิชา และศึกษาเอกสารเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ และปรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้เข้ากับบริบทของการวิจัยได้ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** แสดงการวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

<p>การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ,2550)</p>	<p>การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คุณยศเต็ม ศึกษาแห่งชาติ)</p>	<p>ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็ม (Lou, et.al. 2011)</p>	<p>จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย</p>
<p><b>ขั้นที่ 1</b> ขั้นกำหนดปัญหา ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาที่สามารถกำหนดสิ่งที่ปัญหาที่ผู้เรียนอยากเรียนรู้ได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ</p>	<p><b>ขั้นที่ 1</b> ระบุปัญหา ขั้นตอนเริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง บางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย</p>	<p><b>ขั้นที่ 1</b> ยืนยันปัญหา ครูผู้สอนกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวมาถามนักเรียนเพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียนรวมระบุมุมมอง อธิบายปัญหาผ่านกรอบการอภิปรายในชั้นเรียน</p>	<p><b>ขั้นที่ 1</b> กำหนดปัญหา ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหาจากสถานการณ์ได้ และตระหนักได้ว่าจำเป็นต้องสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยให้นักเรียนทำวีดิโอแสดงสถานการณ์ และการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเพื่อหาข้อสรุปร่วมกันของปัญหาให้ มีทิศทางเดียวกัน จากนั้นทำการระบุปัญหาลงในใบกิจกรรม</p>

<p><b>ขั้นที่ 2</b> ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้</p>	<p><b>ขั้นที่ 2</b> รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหา และสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไป คือการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง</p>	<p><b>ขั้นที่ 2</b> ชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และรวมอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์</p>	<p><b>ขั้นที่ 2</b> ทำความเข้าใจปัญหาโดยเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาของตน โดยการระบุแนวคิด หรือ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับความสามารถนำมาแก้ไข ปัญหาของตนได้</p>
<p><b>ขั้นที่ 3</b> ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย</p>	<p><b>ขั้นที่ 3</b> ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ประเมินตัดสินใจเลือก และใช้ความรู้ที่ได้มาใน การสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา</p>	<p><b>ขั้นที่ 3</b> ชี้วางแผน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนจะได้วางแผนทางในการสร้าง รวมถึงวางแผนการทำการ และพิจารณากระบวนการการผลิตที่เป็นไปได้</p>	<p><b>ขั้นที่ 3</b> ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแนวคิดหรือ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ตนได้ระบุไปในขั้นก่อนหน้านี้ โดยสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมไว้</p>

<p><b>ขั้นที่ 4</b> ขึ้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมเพียงใด</p>	<p><b>ขั้นที่ 4</b> วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการ และกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา แล้วขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน</p>	<p><b>ขั้นที่ 4</b> วางแผนหารสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผน และกำหนดขั้น ตอนสำรวจหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง</p>	<p><b>ขั้นที่ 4</b> สังเคราะห์ความรู้ และวางแผนดำเนินการแก้ปัญหาผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสังเคราะห์เพื่อหาวิธีการในการแก้ไข ปัญหาที่มีความเหมาะสมที่สุด และดำเนินการวางแผน และออกแบบวิธีการสร้างชิ้นงาน ซึ่งจะต้องบันทึกแบบร่าง ชิ้นงานแบบลงใบบันทึกกรรม และให้ครูผู้สอนตรวจในลำดับถัดไป</p>
<p><b>ขั้นที่ 5</b> ขึ้นสรุป และประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง</p>	<p><b>ขั้นที่ 5</b> ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือแก้ไขชิ้นงาน เป็นขั้นตอนทดสอบ และประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาผลที่ได้จากการทดสอบ และประเมินนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีการแก้ปัญหาที่ขึ้น การทดสอบ และ ประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา</p>	<p><b>ขั้นที่ 5</b> ปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มชิ้นงานของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนจะตั้งอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของชิ้นงานอย่างง่ายได้</p>	<p><b>ขั้นที่ 5</b> สรุป และประเมินค่าชิ้นงานนักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานต้นแบบของตนออกมาทำการทดสอบ เพื่อประเมินชิ้นงานถึงการแก้ไขปัญหาของตน ซึ่งอาจนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่ขึ้น ซึ่งการปรับปรุงและนำมาทดสอบใหม่</p>

<p>ขั้นที่ 6 ชี้นำเสนอ และประเมินผล งานผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้นำจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ร่วมกันประเมินผลงาน</p>	<p>ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผล การแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และน่าสนใจ</p>	<p>ขั้นที่ 6 ประเมิน เป็นขั้นที่นักเรียนทำการประเมินชิ้นงานในขั้นก่อนหน้า หากประเมินชิ้นงานแล้วพบว่า ชิ้นงานยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานพร้อมกับอธิบายกระบวนการ และสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้</p>	<p>ขั้นที่ 6 นำเสนอ หลังจากให้นักเรียนพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำชิ้นงาน โดยเริ่มตั้งแต่ปัญหาของกลุ่ม การทำความเข้าใจปัญหา การสืบค้นข้อมูล การวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงาน ตลอดจนถึงผลลัพธ์ในการแก้ไข้ปัญหา</p>
---	--	--	---

จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการเรียนโดยเฉลี่ยในระดับปานกลาง และด้วยเวลาในการจัดกิจกรรมที่ต้องมีความยืดหยุ่น เพราะความไม่ต่อเนื่องของเวลาที่สูญเสียไประหว่างการเดินทางมาเรียนของนักเรียนของนักเรียนรู้กลุ่มตัวอย่าง กับอาคารห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการจัดกิจกรรม ผู้วิจัยจึงได้เลือกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของสำนักเลขาธิการศึกษาระหว่างการศึกษาคือการเป็นหลัก โดยร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มด้วยการบูรณาการ 4 สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ซึ่งสรุปเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ปรับให้เข้ากับบริบทของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหาจากสถานการณ์ได้และตระหนักได้ว่าจำเป็นต้องสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยในขั้นนี้ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำวิเคราะห์สถานการณ์ และการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเพื่อหาข้อสรุปร่วมกันของปัญหาให้มีทิศทางเดียวกัน จากนั้นทำการระบุปัญหาลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาของตน โดยการระบุแนวคิด หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ที่คิดว่าเกี่ยวข้องและสามารถนำมาแก้ไขปัญหาของตนได้

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ตนได้ระบุไปในขั้นก่อนหน้านี้ โดยสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ และวางแผนดำเนินการแก้ปัญหาผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสังเคราะห์เพื่อหาวิธีการในการแก้ไขปัญหามีความเหมาะสมที่สุด และดำเนินการวางแผน และออกแบบวิธีการสร้างชิ้นงาน ซึ่งจะต้องบันทึกแบบร่างชิ้นงานลงในใบกิจกรรม และให้ครูผู้สอนตรวจในลำดับถัดไป

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุป และประเมินค่าชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานตัวต้นแบบของตนออกมาทำการทดสอบ เพื่อประเมินชิ้นงานถึงการแก้ไขปัญหของตน ซึ่งอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงและนำมาทดสอบใหม่

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอ หลังจากหลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่ปัญหาของกลุ่ม การทำความเข้าใจปัญหา การสืบค้นข้อมูล การวางแผนเพื่อสร้างชิ้นงาน ตลอดจนถึงผลลัพธ์ในการแก้ไขปัญห

## 5. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของนักเรียนในการระบุคำตอบจากการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน เชิงประจักษ์ที่มีความน่าเชื่อถือ และตรวจสอบความสอดคล้องและความสมเหตุสมผล

ระหว่างหลักฐานที่สนับสนุนกับคำตอบ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิชาการศึกษา ได้ให้ความหมายของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นการให้ คำอธิบายสำหรับการเกิดปรากฏการณ์หนึ่ง ร่วมกับการใช้หลักฐานที่เกี่ยวข้อง และการให้เหตุผลเพื่อนำมาสนับสนุนการอธิบายนั้นๆ

Zangori and Forbes (2014) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการระบุเอกลักษณ์ของกลไกหรือวิธีการทำงานที่อยู่ภายใต้สาเหตุที่สังเกตได้หรือผลกระทบที่เกิดขึ้น หรือเป็นกระบวนการที่เป็นสาเหตุนำมาซึ่งผลที่เกิดขึ้น เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยสร้างจากคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

1. ตอบคำถามที่ต้องการสำรวจ
2. ลักษณะคำอธิบายขึ้นอยู่กับข้อมูลและหลักฐานที่ สนับสนุนคำตอบที่สำรวจตรวจสอบ
3. ให้ความเข้าใจในเรื่องใหม่
4. เสริมสร้างแนวคิดเดิมที่มีอยู่

อรยา แจ่มใจ (2557) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการสร้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ โดยอยู่บนพื้นฐานของการให้เหตุผล และเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้า

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรายงานผล หรือ การสื่อความหมายโดยมีการเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และสิ่งที่เห็นประจักษ์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผล ซึ่งข้อมูลอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผลของวิทยาศาสตร์

จากนักการศึกษาสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการ อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปรากฏการณ์ ที่แสดงถึงสาเหตุการเกิด กระบวนการ โดย สร้างความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำ กล่าวอ้างที่เชื่อถือได้

5.2 องค์ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้พัฒนา และกำหนดกรอบแนวคิดองค์ประกอบของการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้ McNeill et al. (2006) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาที่ได้รับ
2. หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม คัดเลือกเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อ กล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อมาใช้ในการ อธิบาย โดยการให้เหตุผลที่เป็นตรรกะสำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง และใช้ หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการอธิบาย

Primo et al. (2008) นำเสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้อ กล่าวอ้าง ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ศึกษาว่า เกิดขึ้น อะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร หรือ เหตุใดจึง เกิดขึ้น

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบข้อมูลที่จะช่วยสร้าง สนับสนุน และการ อ้างอิงถึงข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่ตัดสินข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงความเชื่อมโยง มโนทัศน์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

Brunsell (2012) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. คำกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อความหรือข้อสรุป เพื่อตอบคำถามหรือปัญหาที่สนใจ
2. หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปข้อมูลที่เป็น หลักฐานได้มาจากการสังเกต การทดลอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ หลักฐานที่ นำมาสนับสนุนจะต้องเหมาะสม กล่าวคือมีความสัมพันธ์กับคำถามหรือปัญหาที่เผชิญอยู่ โดยต้องมีการใช้หลักฐานมากกว่าหนึ่งแหล่งในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของหลักฐานออกเป็น

2.1 หลักฐานคำบอกเล่า คือ หลักฐานที่มาจาก การสังเกตหรือประสบการณ์ระดับบุคคล ซึ่งอาจมาจากผู้เรียน เพื่อนร่วมชั้น ครอบครัว ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย

2.2 หลักฐานข้อเท็จจริง คือ หลักฐานที่มาจากข้อมูล ข้อเท็จจริง ที่มีการยืนยันหรือมี งานวิจัยรองรับ ที่ได้มาจากระบวนการทดลองและสำรวจด้วยกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์

จงบกล บัญรอด (2557) กล่าวไว้ว่าองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือข้อสรุปเบื้องต้นของคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา มักเป็นการตอบคำถามที่ว่า เกิดอะไรขึ้น เกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เป็นเช่นนั้น เป็นต้น

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การทดลอง การสังเกต หรือการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุน หรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ มักเป็นการอธิบายแนวคิดที่ต้องการตอบคำถามว่า “เพราะเหตุใดจึงใช้หลักฐานนั้นในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง”

จากการศึกษาสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คล้ายคลึงกัน ซึ่งประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (claim) คือ ข้อสรุปหรือข้อค้นพบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือคำถามการทดลอง

2. หลักฐาน (evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากการทำปฏิบัติการทดลองที่นำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (reasoning) คือ เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการสร้างคำอธิบาย ซึ่งเป็นตรรกะที่ใช้สำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้โดย ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย

### 5.3 การทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าแนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 ประเด็นหลัก คือ ลักษณะแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมิน

#### 1. ลักษณะแบบทดสอบความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2006) สร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน โดยวัดความสามารถในการเขียน

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง ได้แก่สาร และสมบัติของสาร ปฏิกริยาเคมีและกฎทรงมวล เป็นจำนวน 3 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูล ประกอบสถานการณ์ จำนวน 2 ข้อ และภาพแสดงการทดลอง 1 ข้อ

Sampson and Clark (2009) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3 เรื่อง จำนวน 2 ข้อ ใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (Open-Ended Explanation Items) ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน สมดุลความร้อน และการนำความร้อนโดยมีภาพการทดลองและตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นการอธิบายโดยจุดประสงค์ที่ชัดเจนและมีข้อมูลที่เป็นหลักฐานประกอบอยู่ในแบบวัด เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพ เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีการอธิบายคำตอบโดยเชื่อมโยงให้สอดคล้องกับข้อมูล โดยจำนวนข้อสอบและระยะเวลาในการทำขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบและความสามารถของนักเรียน

จากการสร้างแบบทดสอบความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่าแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย แต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ และข้อคำถาม โดยแบบสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบเนื้อหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการวัดครบทุกองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำนวนข้อและลักษณะของแบบทดสอบจะขึ้นอยู่กับลักษณะ และปริมาณของเนื้อหาว่าครอบคลุมกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดเกณฑ์การประเมิน McNeil et al. (2006) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่ง ได้เป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ 0 - 5 ดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ

ระดับ ความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับความสามารถ
0	ไม่ระบุองค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้องในการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์
1	ไม่ระบุตัวอย่างที่เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อสรุปที่กำกวมเกินไป และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
3	ระบุข้อสรุปที่กำกวม และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
4	ระบุข้อสรุปได้ แต่อธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ไม่ครบ
5	ระบุองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน

McNell and Krajcik (2008) สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีรายการประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก 3 ระดับ การสร้างเกณฑ์การประเมินแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบทั่วไป (general rubrics) และเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกแบบเฉพาะ (Specific rubric)

เมื่อสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไปนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกตามความเฉพาะของเนื้อหาหรือชิ้นงานในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ นักเรียน

นำมาใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างการคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ นักเรียนที่ได้รับในบทเรียน โดยนักเรียนประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากบทเรียน มาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินแบบทั่วไปตามองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป (Claim) ข้อความหรือสรุปความเป็นคำตอบสำหรับคำถาม	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนคำกล่าว อ้างหรือข้อสรุปข้อมูลนี้จะต้อง เหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุ หลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐาน ที่ไม่เหมาะสมด้วย	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุน ข้อ กล่าวอ้าง
เหตุผล (Reasoning) การตัดสินใจว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนคำกล่าว อ้างหรือข้อสรุปนั้นเหมาะสมและเพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสม และ เพียงพอ

สุทธิชาติ เปรมกมล (2554) ได้ทำการสร้างแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ ประกอบไปด้วย ข้อที่ 1 ผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุและการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 แรงเสียดทาน ข้อที่ 3 แรงแผ่นขนาน และข้อที่ 4 โมเมนต์ของแรง พร้อมเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจาก เกณฑ์การประเมิน McNeill and Krajcik (2014) ดังตารางที่ 6 พร้อมการแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นช่วงคะแนน ซึ่งประกอบไปด้วยระดับดีมาก ดี และ ควรปรับปรุง ดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 6** เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจากเกณฑ์การประเมิน McNeill and Krajcik (2014)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง (ข้อความหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหา)	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง
หลักฐาน (ข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป)	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างรวมถึงหลักฐานที่ไม่เหมาะสมด้วย	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุหลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล (การเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน)	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง
ข้อคัดค้าน	ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือก และแสดงหลักฐานร่วมกับการให้เหตุผลที่เหมาะสมและเพียงพอในข้อคัดค้าน	ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือก และแสดงหลักฐานร่วมกับการให้เหตุผลที่เหมาะสมและไม่เพียงพอในข้อคัดค้าน	ไม่ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือก และไม่ให้ข้อคัดค้านหรือ ให้ข้อคัดค้านที่ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 7 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
17-24	ระดับดีมาก
9-16	ระดับดี
0-8	ระดับควรปรับปรุง

สุรศักดิ์ เชียงกา (2561) ได้สร้างแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งหมด 4 ข้อ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อมเกณฑ์การแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจากเกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) พร้อมเกณฑ์การแปลผล ดังตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0 (ควรปรับปรุง)	1 (ดี)	2 (ดีมาก)
คำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป (Claim) ข้อความหรือสรุปความเป็นคำตอบสำหรับคำถาม	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือระบุหลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างรวมถึงหลักฐานที่ไม่เหมาะสมด้วย	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
เหตุผล (Reasoning) การตัดสินใจว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้นเหมาะสมและเพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์เหมาะสมและเพียงพอ

การแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ปรับปรุงจาก McNeill and Krajcik แบ่งออกเป็น 3 ระดับตามช่วงคะแนน คือ ระดับดีมาก ระดับดี และควรปรับปรุง

**ตารางที่ 9** แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
17-24	ระดับดีมาก
9-16	ระดับดี
0-8	ระดับควรปรับปรุง

ทัศนิน วรณมเกตุศิริ (2561) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีการระบุหลักฐาน อ้างอิงและให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีการระบุหลักฐานอ้างอิงและให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ควรมีการกำหนด เกณฑ์การประเมิน (Explanation Rubric) เพื่อตรวจสอบตามองค์ประกอบของคำอธิบายนั้น ทั้งนี้ผู้สอนอาจจะกำหนดเกณฑ์การประเมินการอธิบายแต่ละองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การให้ผู้เรียนรับรู้ถึงองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การ ประเมินที่ชัดเจน

**ตารางที่ 10** แสดงเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป (Claim) ข้อความหรือ สรุป ความที่เป็นคำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหาที่กำหนด	ไม่มีคำกล่าวอ้าง ไม่ลงข้อสรุปหรือลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง	คำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ระบุคำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุน คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือหลักฐานไม่เหมาะสม (หลักฐานที่ระบุไม่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป)	ระบุหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป อาจใช้หลักฐานบางส่วนที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป
เหตุผล (Reasoning) การตัดสินใจหลักฐานที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น เหมาะสมและเพียงพอตามหลักการทางวิทยาศาสตร์	ขาดการให้เหตุผลหรือมีการให้เหตุผลแต่ไม่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ไม่ให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป	ให้หลักฐานที่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุปรวมถึงใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ

จากการศึกษาสรุปได้ว่า เกณฑ์ประเมินคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากพฤติกรรมชีวิตตามกระบวนการของวิธีการหรือเทคนิคนั้น ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ การวิเคราะห์ผลการทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทำวิเคราะห์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยใช้เกณฑ์การประเมิน จากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ McNeill and Krajcik (2008)

พฤติกรรมบ่งชี้	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง
หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างรวมถึงหลักฐานที่ไม่เหมาะสมด้วย	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุหลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

การแปลผลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 0-6 คะแนน ทั้งหมด 8 ข้อ แปลผลออกมาในรูปของคะแนนเต็ม 48 คะแนน และนำมาทำการหาค่าเฉลี่ย โดยนำมาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

## 6 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Eysenck, Arnold and Meili (1972) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดย อาศัยความสามารถเฉพาะตัวของบุคคล โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรือเกรคของการเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อนและ ระยะเวลา หรืออาจวัดด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

อารีย์ วชิรวรการ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้านและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ แต่คนส่วนมากเข้าใจว่าผลสัมฤทธิ์ เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนภายในโรงเรียน และมองในแง่ความรู้ความสามารถทางสมองเท่านั้น ในทางที่เป็นจริง แล้วความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมล้วนก็เป็นผลจากการฝึกสอนและอบรม ซึ่งก็นับเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองของนักเรียนที่ได้จากการเรียนรู้การศึกษา ค้นคว้า อบรมการสั่งสอน หรือได้จากประสบการณ์ที่ได้รับจากทางโรงเรียน บ้าน และแหล่งอื่น ๆ

ดังนั้นสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการวัดความสามารถของนักเรียนจากเนื้อหาในรายวิชานั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยความรู้ ความสามารถซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการเรียนรู้และได้รับ จากกระบวนการเรียนการสอน วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรม ด้านพุทธิพิสัยของบลูม แบ่ง ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ ระดับการวิเคราะห์ ระดับการ สังเคราะห์และระดับการประเมินค่า

### 6.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวถึง ผลงานทางวิชาการของเบนจามิน บลูม (Benjamin S. Bloom) ที่มีชื่อ อนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)เป็นการเรียนรู้ ในระดับที่นักเรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง ค่านิยม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎีการ

ประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการ จำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่ เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นการเรียนรู้ใน ระดับที่นักเรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ทั้งด้านความหมายความสัมพันธ์ และความรู้ที่เป็นโครงข่าย ระหว่างแนวคิด (Network of Concepts) ทั้งหมดที่เรียน การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมหรือใช้ความสามารถในการอธิบาย บรรยาย แปลความหมาย ขยายความสรุปอ้างอิง จากข้อมูล (Data) ที่ผ่านการประมวลเป็นสารสนเทศ (Information) แล้ว เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสันเขื่อน

3. ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ (Application) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การประเมินการเรียนรู้ ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำเอาข้อเท็จจริง (Fact) ความคิด (Idea) หลักการ (Principle) กฎ (Law) วิธีการ หรือสูตรต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็ว ขึ้นจะ

ทำอย่างไรได้บ้าง

- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร

4. ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง มี 2 ลักษณะ คือ

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถ นำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้

4.2 วิเคราะห์ข้อสรุปข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหา หลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญหาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง
- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์

อย่างไรบ้าง

5. ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ นักเรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการ เรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน หรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่ หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

- เราจะวางแผนการบันทึกจำนวนแมลงที่บินเข้าและออกจากสวน

ได้อย่างไร

- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.4 เข้าใจ จะมีวิธีการ

อย่างไรบ้าง

- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่งจะทำให้

เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6. ระดับที่ 6 ระดับการประเมินผล (Evaluation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่ นักเรียนต้องใช้การตัดสินใจคุณค่าโดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาว พลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด

- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์มี ประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด

- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้โดยถูก กฎหมาย

นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

Anderson and Krathwohl (2001) ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียนรู้ การสอน และการประเมิน หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่ นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำ ออกมาได้ ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการ ต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผังตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงแม่เหล็กและแรงโน้มถ่วงเหมือนกันและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถ อธิบาย

เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างไร

- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไป ปฏิบัติภารกิจ

ภายนอกยานอวกาศ

3. ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำ หรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแก๊สที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น
- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึงพืชแต่ละชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื่อกันฝน เพราะเหตุใด

4. ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และ

พิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมาตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช
- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่ ละปัจจัย

มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

5. ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสิน คุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

- แบบจำลองใดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ครบถ้วนและ ใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด
- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.4 เข้าใจจะมีวิธีการอย่างไรบ้าง
- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่งจะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6. ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถการนำ ส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อยเข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต ก่อให้เกิด (Generating) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสร้างสรรค์ เช่น

- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ
- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่เพราะเหตุใด
- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหนูตัวที่ 3 ได้

นันทภัส นิชมทรัพย์ (2560) กล่าวถึง คำอธิบายและคำกริยาที่ใช้ในอนุกรมวิธานด้านพหุติพิสัยฉบับ ปรับปรุงของบลูมมีรายละเอียดดังตาราง 12

ตารางที่ 12 อนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของบลูม

ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง		
จำได้ (Remember)	การระลึกได้ถึงข้อเท็จจริง ข้อความหรือความรู้เฉพาะด้าน โดยการระลึกได้จากความจำ ระยะยาว	นบนิยาม บรรยายวาด ค้นหา	ระบุทำ เครื่องหมายใส่ รายการบอก ตำแหน่งบอก ชื่อ	เรียกท่อง บันทึกลง เล่าเหตุการณ์ บอก
ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่าง พฤติกรรมที่ เกี่ยวข้อง	ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย
เข้าใจ	การเข้าใจและการสร้าง ความหมายด้วยปากเปล่าการ เขียนและการสื่อสารด้วย ภาพกราฟิก	แบ่งประเภท บรรยายอภิปราย ยกตัวอย่าง อธิบาย	อ้างอิงระบุ ตีความโครงสร้าง ถอดความ	แทนที่เรียบเรียง ใหม่สรุปบอกแปล
ประยุกต์	การใช้หรือการปฏิบัติ กระบวนการในสถานการณ์ใหม่ ที่เป็นรูปธรรม	นำไปปฏิบัติแบ่ง ประเภทคำนวณ แสดงให้เห็น กำหนด/ตัดสินใจ	วาดดำเนินการ แสดง ภาพประกอบ ใช้อุปกรณ์ วางแผน	เลือกแสดงให้เห็น แก้ปัญหาถ่ายโอน
ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง		
วิเคราะห์	การแยกส่วนจากองค์รวม ไปสู่ ส่วนย่อยและทำความเข้าใจ บทบาทของแต่ละส่วนย่อยนั้น การบอกความสัมพันธ์ของ ส่วนย่อยนั้น และความสัมพันธ์ ของเป้าหมายโดยรวมหรือ โครงสร้างโดยรวม	วิเคราะห์ จำแนก/แยกแยะ จัดหมวดหมู่ ให้คุณ-ลักษณะ เปรียบเทียบ	บอกสิ่งที่ ขัดแย้งถอด โครงสร้างบอก ความแตกต่าง แบ่งแยกทำให้ เห็นความต่าง	ตรวจสอบ อนุมาน/ อุปนัย โต้สอบสวน เชื่อมโยงแยก ส่วน

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้จากการบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า และ อนุกรมวิธาน

ที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธาน ของบลูมให้ เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิ พิสัยซึ่งได้ แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ จดจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า

### 6.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 6.3.1 ความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สิริพร ทิพย์คง (2545) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงชุดคำถามที่ มุ่งวัดพฤติกรรมกรเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านสมองด้านต่างๆ ในเรื่อง ที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การ เรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

บุญชม ศรีสะอาด (2556) กล่าวถึง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบที่ใช้ใน การวัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ใน เนื้อหาสาระ ตามวัตถุประสงค์ของวิชา โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาต่าง ๆ ในโรงเรียนที่ผ่าน การเรียนมาแล้วว่ามีความรอบรู้มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนได้ว่า หมายถึง ข้อคำถามที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ โดยเน้นที่ความสามารถทางวิชาการของนักเรียน ที่ได้รับการเรียนรู้ไปแล้วในเนื้อหาสาระต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของวิชา ซึ่งวัดว่าผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้มากน้อยเพียงใด

#### 6.3.2 ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพโรจน์ คะเซนทร์ (2556) ได้จัดประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่ง ออกเป็น 2 ประเภท คือแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher made tests) และแบบทดสอบ มาตรฐาน (Standardized tests) ซึ่งทั้ง 2 ประเภทจะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือถามสิ่งที่คุณเรียนได้รับ จากการเรียนการสอนซึ่งจัดกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ในการทดสอบ ผู้เรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1แบบทดสอบปรนัย (Objective tests) ได้แก่ แบบถูก – ผิด (True-false) แบบจับคู่ (Matching) แบบเติมคำให้สมบูรณ์(Completion) หรือแบบ คำตอบสั้น (Short answer) และแบบเลือกตอบ (Multiple choice)

1.2 แบบอัตนัย (Essay tests) ได้แก่ แบบจำกัดคำตอบ (Restricted response items) และแบบไม่จำกัดคำตอบ หรือ ตอบอย่างเสรี (Extended response items)

2 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเนื้อหา และมีทักษะการสร้างแบบทดสอบ มีการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบมีค่าชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการสอบ การให้คะแนนและการแปลผล มีความเป็นปรนัย (Objective) มีความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบมาตรฐาน ได้แก่ California Achievement Test, Iowa Test of Basic Skills, Stanford Achievement Test และ the Metropolitan Achievement tests เป็นต้น

ไพศาล วรคำ (2562) ได้กล่าวถึงการจำแนกแบบทดสอบตามการตรวจให้คะแนนสามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้ คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้อง ตรงกันเสมอ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

2. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้ คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำหรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับ การพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่น แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

3. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified subjective test) หมายถึง แบบทดสอบ ที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น บุญชม ศรีสะอาด (2556) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจแบ่ง ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่เรียนตามโรงเรียน วิทยาลัยมหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

สรุปได้ว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์การจำแนกโดยถ้าแบ่งตามการสร้างจะได้แบบทดสอบมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นหากจำแนกตามการตรวจให้คะแนน จำแนกได้เป็นแบบทดสอบปรนัย ซึ่งการให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยจะขึ้นอยู่กับพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน ซึ่งการตรวจให้คะแนนจะไม่ขึ้นอยู่กับผู้ให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย และแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ โดยประเมิน 6 ด้านพุทธิพิสัยระดับสติปัญญา คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน และหากจำแนกตามลักษณะการนำผลที่ได้ไปใช้ประเมิน สามารถจำแนกได้เป็น แบบทดสอบอิงเกณฑ์ เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ว่ามีความรู้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่แบบทดสอบอิงกลุ่มเป็นแบบทดสอบวัดความรู้ของแต่ละบุคคลว่ามีความรู้ยู่ระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่น

## 7. ประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือนวัตกรรมทางการศึกษา ( $E_1 / E_2$ )

### 7.1 การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม

รัตน บัวสนธิ์ (2554) กล่าวว่า การประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรม การประเมิน ส่วนนี้เป็นการพิจารณาว่า เมื่อนำนวัตกรรมการศึกษาภายหลังจากผ่านการประเมินความสอดคล้อง และความเหมาะสมจาก ผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับกลุ่มบุคคลที่มีลักษณะภูมิหลังคล้ายคลึงใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมายแล้ว ผลจะเป็นประการใดโดยที่การประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมมีลำดับขั้นตอนการประเมินดังนี้

7.1.1 การประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1 : 1) หมายถึง การนำนวัตกรรมไปทดลองใช้กับ บุคคลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมายโดยที่บุคคลดังกล่าวนี้จะคัดเลือกมาจากผู้ที่มีคุณลักษณะตัวแทนกลุ่มเป้าหมาย 3 คน ได้แก่ ผู้ที่คุณลักษณะสูง ปานกลาง และต่ำกว่าปานกลาง การทดลองใช้นวัตกรรมที่เรียกว่าการประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่งมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมนั้นมีความเกี่ยวข้องสร้างแรงจูงใจให้กับบุคคลที่มีลักษณะเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายเพียงไร คำสั่ง คำชี้แจง และรายละเอียดที่มีอยู่ในนวัตกรรมนั้นบุคคลเหล่านี้มีความรู้และความเข้าใจ

หรือไม่ ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความเหมาะสมใน การนำไปใช้งานจริงกับ กลุ่มเป้าหมายต่อไป การประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งนั้นจึงมุ่งไปที่การค้นหาข้อจำกัดที่ได้ จากคำแนะนำ บอกเล่าของบุคคลที่มีคุณลักษณะเป็นตัวแทนของ คุณลักษณะกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ เป็นสำคัญ เพื่อที่จะนำคำแนะนำ ที่ได้มาปรับปรุงนวัตกรรมตามที่กล่าวนั้นเอง

7.1.2 การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก หมายถึง นำนวัตกรรมที่ผ่านการ ปรับปรุงแก้ไขจาก การประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งมาทดลองใช้กับกลุ่มบุคคลที่มี คุณลักษณะคล้ายกับ กลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนมากขึ้น เช่น อาจจะใช้การประเมินแบบหนึ่งต่อสาม (1 : 3) หรือแบบหนึ่งต่อสี่ (1 : 4) ก็ได้ ซึ่งก็หมายถึงต้องใช้กลุ่มบุคคลจำนวน 9 คน แบ่งเป็นมี คุณลักษณะสูงกว่าปานกลาง 3 คน ปานกลาง 3 คน ต่ำกว่าปานกลาง 3 คน ในกรณีการประเมิน แบบหนึ่งต่อสาม แต่ถ้าเป็นการ ประเมินแบบหนึ่งต่อสี่ก็ต้องใช้จำนวนกลุ่มบุคคลทั้งสิ้น 12 คน การ ประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่ม เล็กนี้จะมีการวิเคราะห์หาค่าบ่งบอกดัชนีหรือเกณฑ์ ประสิทธิภาพ ของนวัตกรรมที่เรียกว่าค่า  $E_1 / E_2$  โดยที่เกณฑ์ประสิทธิภาพ ( $E_1 / E_2$ ) ของนวัตกรรมการศึกษา เท่าที่นิยมใช้จะมีสามเกณฑ์ได้แก่ 75/75 หรือ 80/80 และ 90/90 การจะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ นวัตกรรมการศึกษาเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่ง จากสามเกณฑ์นี้ มีหลักพิจารณาว่าถ้านวัตกรรมการศึกษานั้น ามุ่งแก้ไขปัญหาหรือพัฒนา ความสามารถของผู้เรียนที่มีลักษณะซับซ้อน หรือมีเนื้อหาสาระค่อนข้าง ยากก็จะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 แต่ถ้าเนื้อหาสาระไม่ยากมากนัก มุ่งแก้ไขปัญหาหรือพัฒนา ความสามารถของ ผู้เรียนที่มีลักษณะปานกลางจะนิยมใช้เกณฑ์ ประสิทธิภาพ 80/80 มากที่สุดใน ทำนองเดียวกัน ถ้า เป็นนวัตกรรมที่มีเนื้อหาสาระมุ่งปฏิบัติหรือ มุ่งพัฒนาจุดประสงค์การเรียนรู้ด้าน ทักษะการปฏิบัติหรือ มุ่งพัฒนาจุดประสงค์การเรียนรู้ด้าน ทักษะการปฏิบัติ (Psychomotor Domain) จะใช้เกณฑ์ ประสิทธิภาพ 90/90 นอกจากจะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพตามหลักการที่กล่าว แล้วสิ่งที่นำมาพิจารณา ประกอบในการเลือกใช้เกณฑ์ก็คือพื้นฐานความรู้เดิมหรือความสามารถ ทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้ ได้รับการทดลองใช้และกลุ่มเป้าหมายด้วยเช่นกัน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพ (Developmental Testing) เป็นกระบวนการควบคุมและประกันคุณภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าต้นแบบชิ้นงานของผลิตภัณฑ์และ นวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพจริง ก่อนที่จะนำไปเผยแพร่หรือใช้จริง รวมถึงการผลิตสื่อและชุดการ สอนที่เป็นต้นแบบชิ้นงานใหม่เช่นเดียวกัน จำเป็นที่ต้องผ่านการทดสอบประสิทธิภาพก่อนที่จะให้ครู นำไปใช้กับนักเรียน โดยดำเนินการตามกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้เบื้องต้น (Tryout) และการทดลองใช้จริง (Trial Run) ซึ่งมีวิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการให้สูตร  $E_1 / E_2$

และการทดลองใช้จริง (Trial Run) ซึ่งมีวิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการใช้สูตร  $E_1 / E_2$  การทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการ (Process- $E_1$ ) และทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ (Product- $E_2$ )

1. การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2. การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชา ไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนรู้ที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษา เป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสาธต์ เนิ่งเฉลิม (2560) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียน การสอนมีกระบวนการที่สำคัญอยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational approach) และขั้นตอนการหาประสิทธิภาพตามวิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical approach)

1. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล กระบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักของความรู้และเหตุผลในการตัดสินคุณค่าของนวัตกรรมการเรียนการสอน โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตัดสินคุณค่าซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ ถ้าได้ค่าไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมการเรียนการสอน และนำไปใช้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาใหม่

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ ฯลฯ ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีการนี้ สรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมนั้นจะมี 2 ขั้นตอนหลักคือ การตรวจสอบ ประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาตรวจสอบ ตัดสินคุณค่าซึ่งเป็นการหาความ เที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ จากนั้นนำมาปรับปรุงจน ได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และการหาประสิทธิภาพจากการนำไปใช้สอนจริงในชั้นเรียนหรือใน สถานการณ์การเรียนรู้ที่แท้จริงเพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำที่จะนำไปเผยแพร่

## 7.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

7.2.1 ความหมายของเกณฑ์ สุวิมล ว่องวานิช (2545) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เกณฑ์ หมายถึง ระดับที่ใช้ ในการตัดสินความสำเร็จของการดำเนินงานตามตัวบ่งชี้ที่กำหนด เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนที่ถือว่าอยู่ในระดับดี กำหนดเกณฑ์การตัดสินว่าต้องสอบได้คะแนน 80 % จึงจะได้เกรด A ถ้า ได้น้อยกว่า 50 % ถือว่าสอบตก

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ จากข้างต้นสามารถสรุปความหมายของเกณฑ์ได้ว่า เกณฑ์ หมายถึง ขีด กำหนดหรือระดับที่ใช้ตัดสินความสำเร็จของงานตามตัวบ่งชี้ที่กำหนด คุณภาพของผลงาน และผลการ กระทำหรือการปฏิบัติ

### 7.2.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกริก ท่วมกลาง และ จินตนา ท่วมกลาง (2555) อธิบายว่า เกณฑ์ ประสิทธิภาพ ( $E_1 / E_2$ ) มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะ โดยยกตัวอย่าง  $E_1 / E_2 = 80/80$  ดังนี้ 1. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายดังต่อไปนี้

1 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือ เป็นประสิทธิภาพของ กระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หากค่าเฉลี่ย ( $E_1$ ) และ ( $E_2$ ) 2. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่

2 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ จำนวนนักเรียน ร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน ถึงร้อยละ 80

3. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยเทียบ จากคะแนนที่ได้ก่อนการเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่าหากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อ หรือชุดการสอนนั้นก็มีความค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก และอธิบายว่าการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียน 2 ประเภท คือ

พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1 = \text{Efficiency of Process}$  (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย(ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น ( $E_2$ ) = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของนักเรียน เรียกว่า“กระบวนการ” (Process) ที่ เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือประเมิน ผลลัพธ์ (Product)ของนักเรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

สรุปได้ว่าความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของ นวัตกรรม การสอนที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นระดับที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดย เกณฑ์ของประสิทธิภาพมีความหมายที่แตกต่างกันหลายลักษณะ และการกำหนดเกณฑ์ทำได้โดย ประเมินผลพฤติกรรม 2 ประเภท คือ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องซึ่งเป็นการประเมินผลของ กระบวนการ และ ประเมินพฤติกรรมสุดท้ายเป็นการประเมินผลลัพธ์

### 7.3 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

ประสาท เนื่องเฉลิม (2560) กล่าวถึงสูตรการคำนวณหาประสิทธิภาพของ นวัตกรรมดังนี้

$$1) \text{ สูตรที่ 1 } E_1 = \frac{\sum x}{A} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ

$\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนทุกส่วน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$A$  แทน คะแนนเต็มของทุกส่วน

$$2) \text{ สูตรที่ 2 } E_2 = \frac{\sum x}{B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์

$\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$B$  แทน คะแนนเต็มของการทดสอบหลังเรียน

ปิยะธิดา ปัญญา (2562) ได้กล่าวว่าการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม สามารถหาได้จากการคำนวณตามสูตรดังนี้

1) สูตรการหาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ( $E_1$ )

$$E_1 = \frac{\sum \left( \frac{X}{A} \right)}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ

$X$  แทน คะแนนที่ได้จากคุณลักษณะและการทดสอบย่อยระหว่างเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$A$  แทน คะแนนเต็มของคุณลักษณะและการทดสอบย่อย ระหว่างเรียน

2) สูตรการหาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ( $E_2$ )

$$E_2 = \frac{\sum \left( \frac{Y}{B} \right)}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์

$Y$  แทน คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

สรุปได้ว่า การคำนวณหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมทำได้โดยการการคำนวณหาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ซึ่งค่าคะแนนได้มาจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนและการทดสอบ ย่อย และ ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ซึ่งค่าคะแนนได้มาจากการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

#### 7.4 การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรม

ประสาธ เนืองเฉลิม (2560) กล่าวถึงการยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรม โดยการยอมรับว่านวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

- 1) สูงกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์  $E_1 / E_2$  ไว้แล้วได้ประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพบทเรียนสำเร็จรูปได้ 95/95
- 2) เท่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์  $E_1 / E_2$  ไว้แล้วได้ประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพบทเรียนสำเร็จรูปได้ 90/90

3) ต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์  $E_1 / E_2$  ไว้แล้วได้ประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

ปิยะธิดา ปัญญา (2562) กล่าวถึงการยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมพิจารณา ดังนี้

1) ถ้าประสิทธิภาพด้านนวัตกรรมและด้านผลลัพธ์ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ สรุปได้ว่านวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพ

2) ถ้าประสิทธิภาพด้านนวัตกรรมและด้านผลลัพธ์ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 2.5 สรุปได้ว่านวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่สร้างขึ้นจะต้องพิจารณาตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยถ้าคำนวณค่าประสิทธิภาพได้สูงกว่า หรือเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้จะยอมรับว่านวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพ แต่หากได้ค่าต่ำกว่าเกณฑ์จะต้องได้ไม่เกินร้อยละ 2.5 จึงจะยอมรับได้ว่านวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น สรุปว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนพัฒนาขึ้น สามารถหาประสิทธิภาพโดยการใช้สูตร  $E_1 / E_2$  ซึ่ง  $E_1$  เป็นประสิทธิภาพด้านกระบวนการที่ได้จากการประเมินนักเรียนจากแบบฝึกหัด ใบกิจกรรม และแบบทดสอบย่อยระหว่างเรียนของนักเรียนระหว่างแผนการสอน และ  $E_2$  เป็นประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ เป็นการประเมินผลลัพธ์สุดท้ายซึ่งได้จากคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน แต่การที่จะสรุปว่าสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพหรือไม่ จะต้องมีการกำหนดเกณฑ์ขึ้นเพื่อใช้ในการพิจารณาการเลือกเกณฑ์เพื่อกำหนดค่าประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือนวัตกรรมควรพิจารณาจากหลายปัจจัย เช่น ประเภทของสื่อนวัตกรรม วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ วุฒิภาวะของนักเรียน บริบทของผู้เรียน และความยากของเนื้อหาสาระเป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก ซับซ้อน และต้องใช้จินตนาการในการทำ ความเข้าใจเนื่องจากเป็นปริมาณที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง ผู้วิจัยจึงได้ตั้งเกณฑ์ของประสิทธิภาพของพัฒนาการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาเท่ากับ 75/75 หมายถึง ค่าตัวเลขที่บอกถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเมื่อนำไปใช้แล้วทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดตามเกณฑ์ 75/75 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกแผนการจัดการเรียนรู้หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมและคิดเป็นร้อยละ 70

## 8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

พัฒนิดา มีลาและร่มเกล้า อาจเดช (2560) ได้ศึกษาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยจุดประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อศึกษา และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องสมบัติของแก๊ส ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติพื้นฐาน เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วย Paired samples t-test เพื่อวิเคราะห์ความสามารถการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า 1.) หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาาระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากระดับ 1 เป็นระดับ 2 2.) ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่าให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สมบัติของแก๊สได้

นันทชา อัมฤทธิ์ (2560) ได้ศึกษาการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องงานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าครูควรจัดสภาพการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเรื่องงานและพลังงาน และสามารถบูรณาการความรู้กับสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี อีกทั้งใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนและมุ่งเน้นการอภิปรายกลุ่ม สรุปเป็นความเข้าใจของตนเองโดยครูต้องเตรียมอุปกรณ์สำหรับสร้างแบบจำลองอย่างหลากหลาย เพื่อบูรณาการความรู้ทางเทคโนโลยี นอกจากนี้ครูต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ และพบว่า

นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ครบทุกพฤติกรรมหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

ปรียานูช มานูจา (2560) ได้ศึกษาการคิดไตร่ตรองของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย จังหวัดนครพนม ประจำปีการศึกษา 2559 จำนวน 71 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีการคิดไตร่ตรองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

ภัทรสุดา หาดขุนทด (2561) ได้ศึกษา เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ลมฟ้าอากาศและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 88 คน จาก 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มิ่งมุก สุทธิกิตติพงษ์ (2562) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สมบัติของสาร และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้ (13.02 คะแนน จาก 48 คะแนน) ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ทั้ง 4 แผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 59.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จัดอยู่ในระดับดี (28.36 คะแนน จาก 48 คะแนน) โดยมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้ ข้อกล่าวอ้าง 14.28 คะแนน, หลักฐาน 8.98 คะแนน และการให้เหตุผล 5.10 คะแนน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วรรณิสา ร้อยกรอง และธิติยา บงกชเพชร (2562) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดรนใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ควรเน้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ บูรณาการความรู้ ทำงานเป็นทีม และลงมือปฏิบัติจริง และผู้สอนต้องกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ชัดเจนเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ใกล้ตัวนักเรียน และในส่วนของผลการศึกษารูเรื่องวิทยาศาสตร์ด้วยแบบประเมิน พบว่านักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกสมรรถนะ คือ 1.สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ 2.สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3. สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์โดยคิดเป็นร้อยละ 77.83,66.77 และ 54.33 คะแนนตามลำดับ

ฉลองวุฒิ จันท์หอม (2562) ได้ศึกษาตรวจสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมปลาย จำนวน 105 คน จากนั้นวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แยกรายองค์ประกอบเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับชำนาญ ระดับพื้นฐาน และระดับปรับปรุง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ระดับพื้นฐาน (ร้อยละ 49.52) ขณะที่องค์ประกอบด้านการระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลยังคงเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนกว่าร้อยละ 71.43 และ 89.52 ยังอยู่ในระดับปรับปรุง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์แก่นสาระชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน และขาดความรู้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่จะสร้างข้อกล่าวอ้างได้ไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ผลการวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ควรพัฒนาไปพร้อมกับความรู้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ณัฐวรรณ ศศิธร (2562) ศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องแรงมวล และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยกลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากนั้นหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเพื่อทำการแบ่ง

อันตรรกะขั้นตามหลักการทางสถิติแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คะแนนเต็ม 2 คะแนน ผลการวิจัยพบว่า แนวปฏิบัติที่ดีคือ ขั้นที่ 1 การกำหนดประเด็นที่จะศึกษาควรยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ทำนาย และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ขั้นที่ 2 การสร้างสรรค์ และวิเคราะห์ข้อมูลควรตั้งคำถามขึ้นในลักษณะ ปลายเปิด และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้สืบเสาะด้วยตนเองโดย ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกแก่นักเรียน ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ควรกำหนดประกอบอย่างชัดเจน ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้งควรส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม และเน้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานของหลักการ และเหตุผล ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานส่วนบุคคลควรใช้เครื่องช่วยเหลือนำให้นักเรียนเข้าใจ กรอบแนวคิดของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และขั้นที่ 6 การอภิปรายผล และการสรุปรายงานควรกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมกันตรวจสอบ รายงานของเพื่อน และอภิปรายถึงปัญหา และแนวทางที่เกิดขึ้นระหว่างทำกิจกรรม และผลจากการ วิเคราะห์แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีคือ 1.75 คะแนน

พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย (2562) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านป่าเตย จังหวัดมุกดาหาร จำนวน 18 คน โดยความมุ่งหมายของการวิจัยคือ 1) หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือ เรื่อง แรงและความดันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) เปรียบเทียบ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3) เปรียบเทียบทักษะการทำงานเป็นทีม 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 5) เปรียบเทียบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า ประสิทธิภาพ ( $E_1 / E_2$ ) สถิติทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples, t-test for One Samples) ผลการวิจัยพบว่า 1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 90.54/87.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3. ทักษะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 5. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นำพงศ์ จันทรโท (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 16 คน ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางนิติวิทยาศาสตร์มีแนวปฏิบัติที่ดี คือ สถานการณ์ที่คลุมเครือและเป็นเรื่องที่สังคมให้ความสนใจช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลหลากหลาย โดยมีครูคอยให้คำแนะนำที่นักเรียนสามารถพัฒนาและปรับปรุงงานให้มีความเหมาะสมและทันเวลา ส่วนการนำเสนอผลงานด้านกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นการจำลองสถานการณ์ในสังคมวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ได้อย่างแท้จริงการใช้สื่อประเภทต่าง ๆ มาอธิบายร่วมกับสรุปกิจกรรมตามเนื้อหาสามารถทำให้นักเรียนเห็นเป็นรูปธรรม และสร้างความเข้าใจถึงทฤษฎีหรือมีโนทัศน์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์ (2564) ได้ศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดเสริม เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง และพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในระดับดี และผลการพัฒนาแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนการพัฒนาที่น้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

## 8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Wulandari et al. (2018) ทำการพัฒนาชุดการสอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อที่จะเพิ่มพูนทักษะในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัย Muhammadiyah Sidoarjo โดยชุดการสอนดังกล่าวได้รับการพัฒนาภายใต้แบบจำลองของ Dick และ Carey ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่านเพื่อดูความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ก่อนที่จะนำไปจัดการเรียนรู้ และทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากนั้นทำการเก็บข้อมูลนำไปการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติผลที่ได้พบว่าคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในหัวข้อเรื่อง วงจรชีวิตเคมีของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในระดับช่วง N-Gain เท่ากับ 0.38 -0.93 ซึ่งสามารถจัดหมวดหมู่ออกมาได้เป็นกลุ่มที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับปาน

กลางเป็นส่วนมาก และระดับสูง เป็นที่เห็นชัดว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักศึกษาได้เผชิญกับปัญหาเป็นการเปิดโอกาสให้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เช่น กำหนดสมมติฐาน การตั้งและกำหนดตัวแปร การรวบรวมข้อมูล อภิปรายที่เปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างได้พูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูลโดยใช้เหตุผลเชิงทฤษฎีของตนมาสนทนา จนนำไปสู่การสรุปผล

Palupi (2020) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry Learning: GIL) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) ที่มีผลต่อการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องระบบทางเดินหายใจ โดยรูปแบบในการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental) ทำการทดสอบก่อน และหลังเรียน โดยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง กับกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทำการเก็บข้อมูลก่อนเรียน และหลังเรียน ทำการวิเคราะห์ค่าความหมายค่า  $p$  ผลได้ที่พบว่าคะแนนในการเขียนอธิบายของนักเรียนเรื่องระบบหายใจของทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนก่อนเรียนเมื่อเทียบทั้ง 2 กลุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในส่วนของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 52.28 คะแนนในก่อนเรียน และ 71.14 คะแนนของหลังเรียน กลุ่มควบคุมนั้น 52.07 คะแนนในก่อนเรียน และ 64.31 คะแนนในหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5 ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

Laksmi, Monika Lintang, et al. (2021) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ และทำจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจากแบบทดสอบอัตนัย แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนมีในทุกองค์ประกอบดังนี้ 1.ข้อกล่าวอ้าง 61% 2.หลักฐาน 53% และ 3.การให้เหตุผล 51%

Gado Birnin Tudus Usman et al. (2023) ทำการศึกษาผลกระทบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจากโรงเรียนทั้งสองแห่งในไนจีเรียที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำเช่นเดียวกันและทำการแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มควบคุม จะได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายปกติ และกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมสิ้นสุดเสร็จตามหน่วยการเรียนรู้ โดยการข้อมูลในการวิจัยนั้นทำการเก็บก่อนเรียนและหลังเรียน นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติเช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลที่ได้คือคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองคือ 9.50 และ 10.25 คะแนนหลังเรียนของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองคือ 10.63 และ 16.90 จากผลที่ได้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มมีผลในเชิงบวกอย่างมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

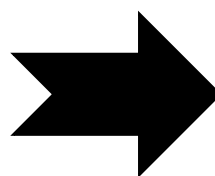
จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนมีบทบาทโดยตรงต่อการเรียนรู้ เปิดโอกาสผู้เรียนมีการสืบค้นข้อมูลที่หลากหลายพร้อมทั้งฝึกนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยครูจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนได้แก้ปัญหาผ่านการบูรณาการ 4 สาขาวิชานั้นคือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี และ โดยในขั้นที่ 1 ระบุปัญหานักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาที่ได้หลังจากอ่านสถานการณ์จนเข้าใจ ซึ่งในขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา และขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกสร้างความเชื่อมโยงระหว่างตัวข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานผ่านการระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาซึ่งจะต้องมีการคัดสรรเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์มีความจำเป็นต่อการตอบปัญหาหรือแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การเขียนสรุปภาพรวมของกิจกรรม เพื่อนำเสนอในขั้นที่ 6 เป็นการนำเสนอกระบวนการทั้งหมดที่ได้ทำตั้งแต่ต้นไปจนถึงการออกแบบสร้างชิ้นงานขึ้นตามหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีการคิดหาเหตุผลที่สอดคล้องเพื่อรองรับการการกระทำต่างๆที่ก่อให้เกิดชิ้นงานขึ้นมา

## 9.กรอบแนวคิดในการวิจัย

## ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตาม  
แนวทางสะเต็มศึกษา 6 ชั้น

1. ขั้นกำหนดปัญหา
2. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา
3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า
4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้
5. ขั้นสรุป และประเมินค่าชิ้นงาน
6. ขั้นนำเสนอ



-ความสามารถในการสร้าง  
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์  
-ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พหุ ประถมศึกษา

### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัม และการชน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Pre Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2552)

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ทั่วไปโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ที่กำลังเรียนวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 ห้อง ทั้งหมด 586 คน

1.2 การสุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์โรงเรียนโรงเรียนโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ทั่วไปที่กำลังเรียนวิชาฟิสิกส์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จำนวน 40 คน

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่อง โมเมนตัม และการชน ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แรงดล

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การชนแบบยืดหยุ่น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การติดตัวแยกออกจากกัน

2.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนเป็นลักษณะข้อสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

### 3. การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์เรื่องโมเมนตัม และการชน จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ และหาคุณภาพของเครื่องมือโดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ 2 และคู่มือครู

3.1.2 ศึกษาขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และศึกษาเอกสารหนังสือข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้

3.1.3 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งในแต่ละแผนมีรายละเอียดประกอบด้วยผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เอกสารอ้างอิง และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3.1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ หน่วยงานการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังรายละเอียดตารางที่ 13 ต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม และการชน กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และชั่วโมงเรียน

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	7.อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ โมเมนตัม	โมเมนตัม	โมเมนตัมเป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีค่าแปรผันตรงกับมวล และความเร็วยังของวัตถุ $\vec{p} \propto m$ และ $\vec{p} \propto \vec{v}$ ด้วยเหตุนี้สมการในการคำนวณจึงได้ว่า $\vec{p} = m\vec{v}$	1.นักเรียนบอกความหมายของโมเมนตัมได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมของวัตถุได้ 3.นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	2
2	7.อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ โมเมนตัม	การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	โมเมนตัมที่บ่งบอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปก็ต่อเมื่อวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วเป็นไปตามสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$ หากต้องการความค่าโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงได้ จะต้องหา $\Delta\vec{p}$ ว่า การดล	1.นักเรียนสามารถบอกความหมายของการดลได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาการดลได้ 3.นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	2
3	7.อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ โมเมนตัม	แรงดล	วัตถุที่มีความเร็วเปลี่ยนแปลงส่งผลให้โมเมนตัม คือ เกิดแรงกระทำจากภายนอก ทำให้ความเร็วลดลงหรือเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ โดยเรียกแรงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆว่า แรงดล $\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงดลได้ 3.นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	2

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4	8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม	การชนแบบยืดหยุ่น	การชนกันของวัตถุ (มวลวิ่งไปชนมวล) จะเป็นไปตามกฎอนุรักษ์ โมเมนตัม คือ ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ โดยหากวัตถุเกิดการชนกันแล้วแยกตัวออกจากกัน ซึ่งจะมีการอนุรักษ์พลังงานจลน์ของระบบ $m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2 = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2$ $\vec{u}_1 + \vec{v}_1 = \vec{u}_2 + \vec{v}_2$	1.นักเรียนสามารถอธิบายการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นที่เป็นไปตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัม 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่น 3.นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	2
5	8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	การชนกันของวัตถุ โดยหากวัตถุเกิดการชนกันแล้วเคลื่อนที่ติดกันเป็นเนื้อเดียวจะเรียกการชนลักษณะนี้ว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์ โมเมนตัม คือ ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ $m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2 = (m_1 + m_2)\vec{V}$ ซึ่งจะไม่มีการอนุรักษ์พลังงานจลน์ของระบบ	1.นักเรียนสามารถอธิบายการชนของกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นที่เป็นไปตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัม 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น 3.นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	2
6	8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	การตีตัวแยกออกจากกัน	การที่วัตถุมีการแยกหรือแตกออกจากกัน หรือ การระเบิด โดยไม่มีแรงภายนอกกระทำ ซึ่งมีเงื่อนไขเหมือนกับการชนกันของวัตถุ การระเบิดยังอนุรักษ์โมเมนตัม แต่พลังงานจลน์ ของวัตถุในการระเบิด ผลรวมพลังงานจลน์หลังการระเบิด จะมีค่ามากกว่าผลรวมของพลังงานจลน์ก่อน	1.นักเรียนสามารถอธิบายการแตกตัวแยกออกจากกันซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัมได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการตีตัวแยกออกจากกัน 3.นักเรียนมีความตรงต่อเวลา	2
			รวม		12

3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ให้มีความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้

3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้อง และความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการวัด และประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3.1.7 ปรับปรุง และแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์แล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา และกิจกรรม ความถูกต้องของความเหมาะสมของเวลา และ ความเที่ยงตรงของเนื้อหา ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร และการสอนคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย มหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรม หลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร และการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3. นางอรนุช ไหวหารกล้า ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาภาคีสัญผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์

3.1.9 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยซึ่งมี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด,2560) และเปรียบเทียบเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือ  
ว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ และความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ ผลการประเมินความ  
เหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม  
และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.14 - 4.38 ซึ่งหมายถึงแผนการ  
จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมมาก

3.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจแล้วนำไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ  
ต่าง ๆ โดยมีประเด็นในการปรับแก้ดังนี้ เช่น ปัญหาจากสถานการณ์มีความคลุมเครือไม่เด่นชัด ควรใช้  
ภาษาที่เข้าใจง่ายเพื่อเอื้อต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ควรเพิ่มวีดิทัศน์ประกอบการอธิบายเพื่อให้  
เห็นภาพได้ชัดเจน และตรวจเช็คความถูกต้องของเฉลยแบบทดสอบย่อยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3.1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 4/4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน จาก  
โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อบกพร่องที่พบก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งผู้วิจัยนำ  
ข้อบกพร่องที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงเรื่องของเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้  
โดยปรับขั้นตอนการจัดกิจกรรมให้มีความยืดหยุ่นในเรื่องของเวลาที่สูญเสียของเวลาที่เกิดขึ้นจากการ  
เดินทางมาเรียนของนักเรียนในช่วงรอยต่อระหว่างคาบเรียน

3.1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทดลองใช้แล้ว มาปรับปรุงแก้ไขแล้วจัดพิมพ์ฉบับ  
สมบูรณ์ และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินและตรวจสอบแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่ม  
ตัวอย่างซึ่งเป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จำนวน 40 คน ต่อไป

3.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบอัตนัย 8 ข้อ  
ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหน่วยการเรียนรู้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบ (ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล) ดำเนินการสร้างตาม  
ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ  
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งแนวทางการสร้างแบบทดสอบ

3.2.2 วิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาฟิสิกส์เรื่อง โมเมนตัม และการชน  
แล้วออกแบบกรอบเนื้อหาที่สอน โดยในการคัดเลือกสาระเพื่อที่จะสร้างแบบทดสอบนั้น  
ผู้วิจัยพิจารณาจากสาระที่เหมาะสมกับวิถีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องมีการระบุ  
หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนคำตอบของแต่ละกิจกรรม

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ และการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ของแบบวัดความสามารถที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
โมเมนตัม	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวกับข้อกับโมเมนตัมได้</li> <li>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนเกี่ยวกับโมเมนตัมได้</li> <li>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</li> </ol>	3	2
การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวกับข้อการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมได้</li> <li>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวกับข้อการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม</li> <li>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</li> </ol>	3	1
แรงดล	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบที่เกี่ยวกับข้อกับแรงอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (แรงดล)</li> <li>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวกับข้อแรงดลได้</li> <li>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</li> </ol>	3	2

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	สร้าง
การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	<p>1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่นซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัม</p> <p>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุแบบไม่ยืดหยุ่น</p> <p>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</p>	2	1
การชนแบบยืดหยุ่น	<p>1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์โมเมนตัม และพลังงานจลน์</p> <p>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวข้องกับการชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่น</p> <p>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</p>	2	1
การตีตัวแยกออกจากกัน	<p>1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบที่เกี่ยวข้องกับการตีตัวแยกออกจากกัน</p> <p>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบที่เกี่ยวข้องกับการตีตัวแยกออกจากกัน</p> <p>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้</p>	2	1
รวม		15	8

3.2.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็น ข้อสอบลักษณะเขียนอธิบายคำตอบทั้งหมด 15 ข้อ ใช้จริงจำนวน 8 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูล ประกอบได้ แก่ตาราง และแผนภาพและข้อความคำถามเพื่อให้ นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้เกณฑ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับจาก เกณฑ์การประเมินของ McNeill and Krajcik (2008)

3.2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นพร้อมเกณฑ์การประเมิน และเกณฑ์การแปลผล เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบทดสอบกับ พฤติกรรมที่ชี้นำถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดังนี้ ตรวจสอบความถูกต้องของสถานการณ์และเพิ่มข้อมูลกราฟในข้อความถาม บางข้อเพื่อที่จะให้นักเรียนมีข้อมูลเพียงพอในระบุดำเนินการ

3.2.5 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อม เกณฑ์การประเมิน และเกณฑ์การแปลผลที่ปรับปรุงเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ ศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร และการสอนคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรม หลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร และการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3. นางสาวอรนุช ไหวหารกล้า ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กาฬสินธุ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.2.6 ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมิน และเกณฑ์การแปลผลโดยนำผล การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญการมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ซึ่งมี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) และ เปรียบเทียบเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของข้อสอบกับพฤติกรรมที่ชี้วัดถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้อง หรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้

3.2.7 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำโดยมีประเด็นในการปรับแก้ดังนี้ ข้อมูลตัวเลขของกราฟไม่ชัดเจนควรขยายให้มีขนาดใหญ่ง่ายต่อการอ่าน และวิเคราะห์ และแทนที่คำศัพท์เฉพาะทางที่ยากต่อการทำความเข้าใจเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายมีความใกล้ตัวผู้เรียน

3.2.8 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบ และแก้ไขปรับปรุงแล้วพิมพ์เป็นแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความยากง่าย และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3.2.9 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนี และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) เป็นรายชื่อเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปไว้ใช้ (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541) โดยมีเกณฑ์ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่า 0.20 ขึ้นไป ผลปรากฏว่า ข้อคำถามทั้งหมด 15 ข้อคัดเลือกจำนวน 8 ข้อ ที่มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.41- 0.62 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ในช่วง 0.3 - 0.45

3.2.10 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 8 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีของครอนบาคในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559) ผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.92

3.2.11 นำแบบทดสอบมาปรับปรุงแล้วมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ ดำเนินการสร้าง และหาคุณภาพดังนี้

3.3.1 ศึกษา หลักการ เอกสารการวัด และประเมินผล กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.2 ศึกษา และวิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3.3.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์เรื่อง โมเมนตัม และการชนและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 15 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ (ข้อ)									
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์		รวม	
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
โมเมนตัม	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับโมเมนตัมได้	2	1	2	1	-	-	2	1	6	3
การดล	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการดลได้	3	2	3	2	-	-	-	-	6	4

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์		รวม	
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
แรงดล	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแรงดลได้	2	2	-	-	2	1	-	-	4	3
การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการชนแบบไม่ยืดหยุ่นได้	-	-	3	2	2	2	-	-	5	4
การชนแบบยืดหยุ่น	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการชนแบบยืดหยุ่นได้	2	1	-	-	2	1	-	-	4	3
การดีดตัวแยกออกจากกัน	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการดีดตัวแยกออกจากกัน	3	2	2	1	-	-	-	-	5	3
<b>รวมแต่ละระดับ</b>		<b>10</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>20</b>

3.3.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกทั้งหมด 30 ข้อ ต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ ตามที่กำหนดไว้

3.3.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ดังนี้ให้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของเฉลย และปรับแก้ข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

3.3.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งเป็นคณะกรรมการชุดเดียวกันกับการประเมินแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ตรง ตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.3.7 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมกรเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 สามารถนำแบบวัดไปใช้ได้

3.3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำดังต่อไปนี้ ปรับใช้ภาษาให้มีความชัดเจน ในบางข้อควรลดความซับซ้อนในการคำนวณโดยกำหนดเครื่องหมาย + และ- ให้นักเรียนเพื่อเป็นตัวแทนทิศทางความเร็ว และตัวเลขในการคำนวณควรเป็นตัวเลขที่ได้ผลการคำนวณที่ลงตัว จากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบ และแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพ และค่าความยากง่าย

3.3.9 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) เป็นรายชื่อเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปถึงจะใช้ได้ (ไพศาล วรรค้ำ, 2562) ผลปรากฏว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 20 ข้อ มีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.25 - 0.65 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.23 - 0.4

3.3.10 นำข้อมูลแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้วิธีการของโลเวท (Lovett Method) (ไพศาล วรรค้ำ, 2562) ผลปรากฏว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีค่าเท่ากับ 0.91

3.3.11 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

#### 4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 4.1 แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรรค้ำ, 2562) รายละเอียดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	x	o

จากแบบแผนการวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

##### 4.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

###### 4.2.1 ขั้นตอนเตรียมการนักเรียนก่อนดำเนินการสอน

4.2.1.1. เตรียมความพร้อมสำหรับกลุ่มทดลอง โดยการแนะนำวิชาเรียนชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอน แนะนำวิธีการจัดเรียนการสอน และบทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษารวมถึงการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

#### 4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.2.1 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่สร้างขึ้นจำนวน 6 แผนการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง โดยปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ตามขั้นตอนการจัดการจัดการการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา

#### 4.2.3 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.3.1 หลังจากดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้วจึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนรายบุคคล

4.2.3.2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองสอนแล้วดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล ด้วยแบบทดสอบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

4.2.3.3 รวบรวมผลคะแนน เมื่อสิ้นสุดการทดลองสอนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

4.2.3.4 วิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัม และการชนให้มีประสิทธิภาพตาม เกณฑ์ 75/75 โดยใช้สูตรวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ  $E_1 / E_2$  (ปิยะธิดา ปัญญา, 2562) ประสิทธิภาพด้านกระบวนการได้จากคะแนนที่ได้จากใบกิจกรรม และการทดสอบย่อยหลังเรียนแต่ละแผนการเรียนรู้ในสัดส่วน 50:50 ตามลำดับ และประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ ได้จากการรวมคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2. วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ แปลค่าด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินเพื่อแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5.3 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องโมเมนต์ัม และการชนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ พื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน One sample t-test

## 6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

### 6.1 สถิติพื้นฐาน

6.1.1 ร้อยละ (Percentage) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

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

เมื่อ  $P$  แทน ร้อยละ

$f$  แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

$n$  แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

6.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

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

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

พิบูลย์ ภูสีอ่อน

6.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)  
โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้

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

เมื่อ  $S.D$  แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$  แทน คะแนนแต่ละตัว

$N$  แทน จำนวนคนทั้งหมด

$\sum$  แทน ผลรวม

6.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

6.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้

1. หาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการหาค่าเฉลี่ย คะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) โดยใช้สูตร

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

$\bar{X}$  เมื่อ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

$N$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

6.2.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validly) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ  $IOC$  แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

$n$  แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers ) (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541)

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

เมื่อ  $p$  แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

$S_H$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

$N$  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

$X_{\max}$  แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$  แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3. การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541)

$$r = \frac{S_H - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ  $r$  แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ

$S_H$  แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูงสุด

$S_L$  แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำสุด

$N$  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

$X_{\max}$  แทนคะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$  แทนคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยวิธีของครอนบาค (Cronbach) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) (ปราณี หล้าเบ็ญสุข, 2559)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ  $\alpha$  แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

$S_i^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

$S_t^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

$k$  แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

### 6.2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1. หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธี หาดัชนีความสอดคล้อง (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ  $IOC$  แทนดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

$n$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559)

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

เมื่อ  $P$  แทน ค่าความยากของข้อสอบ

$R$  แทน จำนวนคนตอบถูก

$N$  แทน จำนวนคนทั้งหมด

3. การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของเบรนนัน (Brennan) คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559)

$$r = \frac{R_H}{n_H} - \frac{R_L}{n_L}$$

เมื่อ  $r$  แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

$R_H$  แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

$R_L$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

$n_H$  แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

$n_L$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

4. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ โดยใช้วิธีการของโลเวท (Lovett Method) (ไพศาล วรคำ, 2562) สามารถคำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ  $r_{cc}$  แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$x_i$  แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

$K$  แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

$C$  แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

### 6.3 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

#### 6.3.1 ประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือนวัตกรรมทางการศึกษา (E1/E2)

1. สูตรการหาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E1) (ปิยะธิดา ปัญญา, 2562) มีดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum \left( \frac{X}{A} \right)}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ

$X$  แทน คะแนนที่ได้จากใบกิจกรรมและการทดสอบย่อยทำแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$A$  แทน คะแนนเต็มที่ได้จากใบกิจกรรมและการทดสอบ ย่อยทำแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน

2. สูตรการหาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E2) (ปิยะธิดา ปัญญา, 2562)

$$E_2 = \frac{\sum \left( \frac{Y}{B} \right)}{N} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์

$Y$  แทน คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 6.4 สถิติทดสอบสมมติฐาน

6.4.1 การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากได้รับการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาเทียบกับเกณฑ์วัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติ One Sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ทรง ศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}, df = n - 1$$

เมื่อ  $t$  แทน ค่าสถิติทดสอบที่

$\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$s$  แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$n$  แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\mu$  แทน คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบความสามารถในการสร้าง

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6.4.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากได้รับการ  
กิจกรรมการ เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา  
กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ One Sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม  
(ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}, df = n - 1$$

เมื่อ  $t$  แทน ค่าสถิติทดสอบที่

$\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$s$  แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$n$  แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\mu$  แทน คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พูน ปรนุ ทิโต ชีเว

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความมุ่งหมายของงานวิจัยดังนี้ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีเกณฑ์ประสิทธิภาพอยู่ในระดับ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนการวิจัย โดยมีผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เข้าใจตรงกันดังนี้

$P$  แทน ร้อยละ

$t$  แทน ค่าสถิติทดสอบที่ แบบ One Sample

$\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$S.D.$  แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$n$  แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

$df$  แทน ชั้นของความอิสระ

$p$  แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

$\mu_0$  แทน คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบหรือแบบวัด

ความสามารถ

#### 2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

### 3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถหาได้จากการคำนวณหาค่า  $E_1$  จากการประเมินใบกิจกรรมในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบย่อยท้ายแผนในสัดส่วน 50:50 ซึ่งทำการทดสอบหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนการสอนในแต่ละแผน โดยมีทั้งหมดจำนวน 6 แผน และหาค่า  $E_2$  จากการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์หลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกแผน ดังปรากฏในตารางที่ 17 ตารางที่ 17 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

รายการ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ
คะแนนใบกิจกรรมในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบย่อยท้ายแผน ( $E_1$ )	120 (ใบกิจกรรม60/ แบบทดสอบย่อย60)	92.75	4.87	77.29
คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ( $E_2$ )	68 (แบบทดสอบวัด ความสามารถ 48/ ผลสัมฤทธิ์ 20 )	53.2	3.07	78.23
ประสิทธิภาพ $E_1 / E_2 = 77.29 / 78.23$				

จากตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินคะแนนจากใบกิจกรรมในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบย่อยท้ายแผนในแต่ละแผนทั้งหมด 6 แผนเท่ากับ 92.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.87 ร้อยละของคะแนนมีค่าเท่ากับ 77.29 และคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีค่าเท่ากับ 53.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.07 คิดเป็นร้อยละ 78.23 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพอยู่ที่ 77.29/78.23

3.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยผู้วิจัยใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์แบบ one sample t-test ปรากฏดังตารางที่ 18

**ตารางที่ 18** เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$ (40 คน)	% of mean	S.D.	$\mu_0$ (70%)	t	df	p
ข้อกล่าวอ้าง	16	12.72	79.38	1.28	11.2	7.16*	38	.000
หลักฐาน	16	12.53	78.31	1.46	11.2	5.51*	38	.000
การให้เหตุผล	16	11.73	73.31	1.19	11.2	2.52*	38	.000
<b>ผลรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ</b>	<b>48</b>	<b>36.98</b>	<b>77</b>	<b>3.93</b>	<b>33.6</b>	<b>5.06*</b>	<b>38</b>	<b>.000</b>

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 18 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน แบ่งตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบได้แก่ 1. ข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.38 2. หลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.31 3. การให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.31 และมีคะแนนของผลรวมของทั้ง 3

องค์ประกอบเท่ากับ 36.98 คะแนนโดยคิดเป็นร้อยละ 77 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกจำแนกตามองค์ประกอบ และโดยรวมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างสามารถระบุข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยที่ 12.72 คะแนนซึ่งเป็นด้านที่นักเรียนได้คะแนนมากที่สุดจากทั้ง 3 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในการระบุข้อกล่าวอ้างเป็นเพียงการเขียนระบุข้อสรุปของสถานการณ์ที่ครูเป็นผู้นำเสนอ ดังภาพประกอบดังต่อไปนี้

ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างการระบุข้อกล่าวอ้างในแบบวัดความสามารถของนักเรียนตัวกลุ่มอย่าง

1. รถแกมวอล 1,275 กิโลกรัม และรถบรรทุกมวล 9,500 กิโลกรัม รถทั้งสองวิ่งมาด้วยความเร็วเท่ากัน และเกิดเสียหลักชนเบร็เอร์ข้างทางชนิดเดียวกัน หลังจากการชนพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อเบร็เอร์มีมากน้อยแตกต่างกัน รถคันใดสร้างความเสียหายต่อเบร็เอร์ได้มากกว่ากัน และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบจากสถานการณ์) **รถบรรทุกสร้างความเสียหายกับเบร็เอร์มากกว่ารถแกมวอล**

หลักการ (เขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ)  $\vec{p} = m\vec{v}$

เหตุผล (อธิบายเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ และหลักการ) **โมเมนตัมเป็นปริมาณที่มุ่งบอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุในทิศทางหนึ่งให้มีความน้อยขนาดไหน จากสมการซึ่ง  $m$  และ  $\vec{v}$  ของวัตถุแล้วค่า  $\vec{p}$  ก็ยิ่งมากขึ้นตามด้วย โดยจากสถานการณ์ได้ความเร็วจึงจะรถทั้งสองเท่ากันจึงดูแต่  $m$  ซึ่งมวลของรถบรรทุกนั้นมากกว่า ทำให้สร้างความเสียหายได้มากกว่า**

2. จักรยานยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 25 เมตรต่อวินาที โดยมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างการระบุข้อกล่าวอ้างในแบบวัดความสามารถของนักเรียนตัวกลุ่มอย่าง

7. รถทดลอง A มวล 5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที เข้าชนรถทดลอง B ด้านหลังมวล 10 กิโลกรัม ที่หยุดนิ่ง หลังจากการชนรถทดลอง A หยุดนิ่ง อยากรทราบว่าหลังชนรถทดลอง B เคลื่อนที่หรือไม่ หากเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใด

ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบจากสถานการณ์) **หลังจากชนรถทดลอง B จะมีการเคลื่อนที่**

หลักการ (เขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ) **การชนแบบยืดหยุ่น  $\sum \vec{p}_{ก่อนชน} = \sum \vec{p}_{หลังชน}$**

เหตุผล (อธิบายเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ และหลักการ) **หลังจากชนรถทดลอง A หยุดนิ่ง 10 B เคลื่อนที่ไปทางขวาตามทิศทางเดิม ซึ่งไปทางขวาของตัวรถ B**

$$\sum \vec{p}_{ก่อนชน} = \sum \vec{p}_{หลังชน}$$

$$m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$$

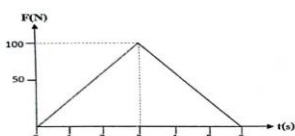
$$5(2) + 10(0) = 5(0) + 10 v_2$$

$$v_2 = 1 \text{ m/s}$$

ในส่วนของด้านหลักฐานนั้นนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 12.53 คะแนน ซึ่งรองลงมาจากในด้านหลักฐาน การเขียนระบุหลักฐานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างคือการเขียนหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนระบุไว้ในก่อนหน้านี้ ดังภาพประกอบต่อไปนี้

**ภาพประกอบที่ 3** ตัวอย่างการระบุหลักฐานในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. วัดดูก้อนหนึ่งถูกแรงกระทำดังกราฟต่อไปนี้ อยากรหาว่าหากต้องการหาการตกจากกราฟสามารถหาได้หรือไม่ ถ้าได้จงอธิบาย



ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบจากสถานการณ์) ไปได้จากกราฟพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง ๖ วินาที และ เวลา

หลักการ (เขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ) การวัดสามารถหาได้จากผลคูณของแรง และ เวลา  $\Delta p = F \cdot \Delta t$

เหตุผล (อธิบายเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ และหลักการ) ไปได้โดยได้จากสมการ  $\Delta p = F \cdot \Delta t$  จาก กราฟบนแกน Y คือแรงที่กระทำกับวัตถุ ค่ะ แทนค่า X คือเวลาที่กล่าวมาทำการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟออกมาเพื่อหาค่าการวัด โดย  $\frac{1}{2} \times \text{สูง} \times \text{กว้าง} = \frac{1}{2} \times 6 \times 100$  การวัด  $\Delta p = 300 \text{ N}\cdot\text{s}$

ซึ่งด้านของข้อกล่าวอ้างนั้น นักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยเฉลี่ยมีความรู้ความเข้าใจมากพอที่จะเขียนระบุแนวคิด หรือสมการที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนกับข้อกล่าวอ้างที่ตนได้ระบุไว้ก่อนหน้านี้ ซึ่งการเขียนสมการที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างจำเป็นต้องมีความเข้าใจในหลักการ หรือแนวคิดซึ่งเป็นรากฐานของตัวสมการในการคำนวณ ทำให้นักเรียนบางส่วนที่ไม่ได้มีความเข้าใจในหลักการ หรือแนวคิดดั้งเดิม อาศัยความจำในการเขียนระบุหลักฐานลงไปซึ่งไม่มีความสอดคล้องหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือมีความสอดคล้องแต่ไม่สมบูรณ์ครบถ้วน ดังภาพประกอบต่อไปนี้

**ภาพประกอบที่ 4** ตัวอย่างการระบุหลักฐานในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4. การโยนไข่ตกลงอย่างอิสระที่ระดับความสูงเท่ากันระหว่างบนพื้นปูน กับพื้นที่รองด้วยฟองน้ำที่นุ่มฟู ทำให้เกิดผลลัพธ์ดังต่อไปนี้ หลังจากการโยนพบว่าไข่ที่ตกลงบนพื้นแข็งแตก แต่ไข่ที่ตกลงบนฟองน้ำไม่แตก ทำไมจึงเกิดผลลัพธ์เช่นนั้นจึงอธิบาย

ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบจากสถานการณ์) แรงกระทำ ของไข่กับพื้นแข็ง หรือว่า แรงกระทำของไข่กับพื้นนุ่ม

หลักการ (เขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ)  $EF = MA$   
 $EF$  คือ 1150 รวมของ 1150 ที่ กระทำไว้แล้ว  
 ม คือ มวล ของวัตถุ

เหตุผล (อธิบายเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ และหลักการ) ผลรวมของ 1150 ที่ เกิดขึ้นแล้ว  
 ไข่กับพื้นแข็ง มี ส่วนมากกว่า ไข่กับพื้นนุ่ม

โดยหลักฐานที่เป็นตัวสมการในการคำนวณในการมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้ระบุลงไปเป็นหลักการที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงและความเร่งที่แปรผันตรงกันซึ่งไม่สามารถนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวกับแรงที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ในขณะที่วัตถุตกกระทบกันซึ่งแรงชนิดนี้ถูกนิยามชื่อ ว่า แรงดล (Impulsive Force) โดยมีสมการในการคำนวณ คือ  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$  ดังภาพตัวอย่างต่อไปนี้ ภาพประกอบที่ 5 ตัวอย่างการระบุหลักฐานในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4. การโยนไข่ตกลงอย่างอิสระที่ระดับความสูงเท่ากันระหว่างบนพื้นปูน กับพื้นที่ยางพองน้ำที่นุ่มฟู ทำให้เกิดผลลัพธ์ดังต่อไปนี้ หลังจากการโยนพบว่าไข่ที่ตกลงบนพื้นแข็งแตก แต่ไข่ที่ตกลงบนพองน้ำไม่แตก ทำให้เกิดผลลัพธ์เช่นนี้จึงอธิบาย

ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบจากสถานการณ์) พื้นพองน้ำลดแรงดลที่เกิดขึ้นกับไข่ได้สูงกว่าพื้นปูน

หลักการ (เขียนสมการที่ใช้ในการหาคำตอบ)  $\Delta p = F \Delta t$

เหตุผล (อธิบายเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ และหลักการ) ปรากฏว่าแรงดลซึ่งรวมทั้ง 1) เวลาที่ลดสั้นลง 2) เวลาที่วางไข่ตก หรือ ก่อชนกัน ซึ่งอัตราเร็วที่ต่างกัน  $\Delta p$  ในเวลา  $\Delta t$  เช่นกัน  $\Delta p$  ในเวลา  $\Delta t$  ในเวลา  $\Delta t$  ที่ต่างกัน การรวมกันของแรงดล หรือ แรงกระทำ ซึ่งทำให้เกิดขึ้น 0. ของพื้นที่  $\Delta t$  น้อยกว่าเวลาในของพื้นที่ใน การ หักลบหักลบของพื้นที่ให้ ได้ ผลลัพธ์

โดยในองค์ประกอบสุดท้ายการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างการให้เหตุผลนั้น คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 11.73 ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบในด้านของข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน การจะเขียนระบุการให้เหตุผล คือการเขียนอธิบายถึงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างว่าเหตุใดหลักฐานที่นักเรียนระบุ จึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ ซึ่งการจะเขียนอธิบายเชื่อมโยง 2 องค์ประกอบเข้าด้วยกันได้ นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในทั้งตัวข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานเป็นอย่างดีจึงจะสามารถเขียนอธิบายได้อย่างถูกต้องตามหลักการ ยกตัวอย่างเช่น

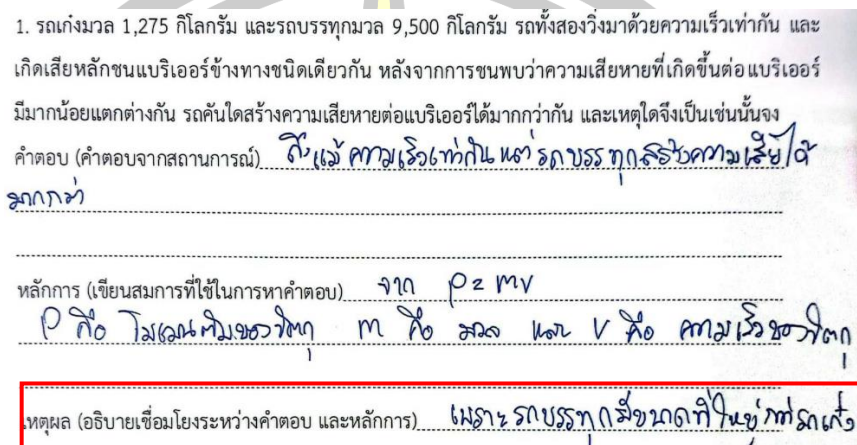
ภาพประกอบที่ 6 ตัวอย่างการระบุเหตุผลในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

เหตุผล อธิบายเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ และหลักการ โมงหนักเป็นปริมาณที่หนึ่งของสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุในเคลื่อนที่ไปข้างหนึ่งให้มีความน้อยขนาดไหน จากสมการ  $F = m \cdot a$  และ  $V = a \cdot t$  ก็ยังมีความสัมพันธ์กัน โดยจากสถานการณ์ความเร็วยังคงเท่ากัน จึงมวลของรถบรรทุกซึ่งมีมากกว่า ทำให้สร้างความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุถึง

2. จักรยานยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 25 เมตรต่อวินาที โดยที่ตัวโยน...

ในกรณีนี้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนระหว่างข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน ทำให้การเขียนอธิบายถึงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างว่าไม่สอดคล้องกัน แสดงดังภาพตัวอย่างต่อไปนี้

ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างการระบุเหตุผลในแบบวัดความสามารถของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



จากภาพ พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างระบุข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสองไว้ด้วยกัน จากสมการขนาดของวัตถุไม่มีผลต่อสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุแต่คือ มวล และความเร็วของวัตถุ ซึ่งค่าสภาพการเคลื่อนที่ของสถานการณ์ที่ไม่ได้คำนวณหาค่าได้โดยตรงเนื่องจากไม่ได้ระบุความเร็ว แต่สามารถคาดการณ์ได้จากความเสียหายที่เกิดขึ้นผ่านความเข้าใจที่มีต่อความสัมพันธ์ในตัวแปรจากสมการ

3.3 ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

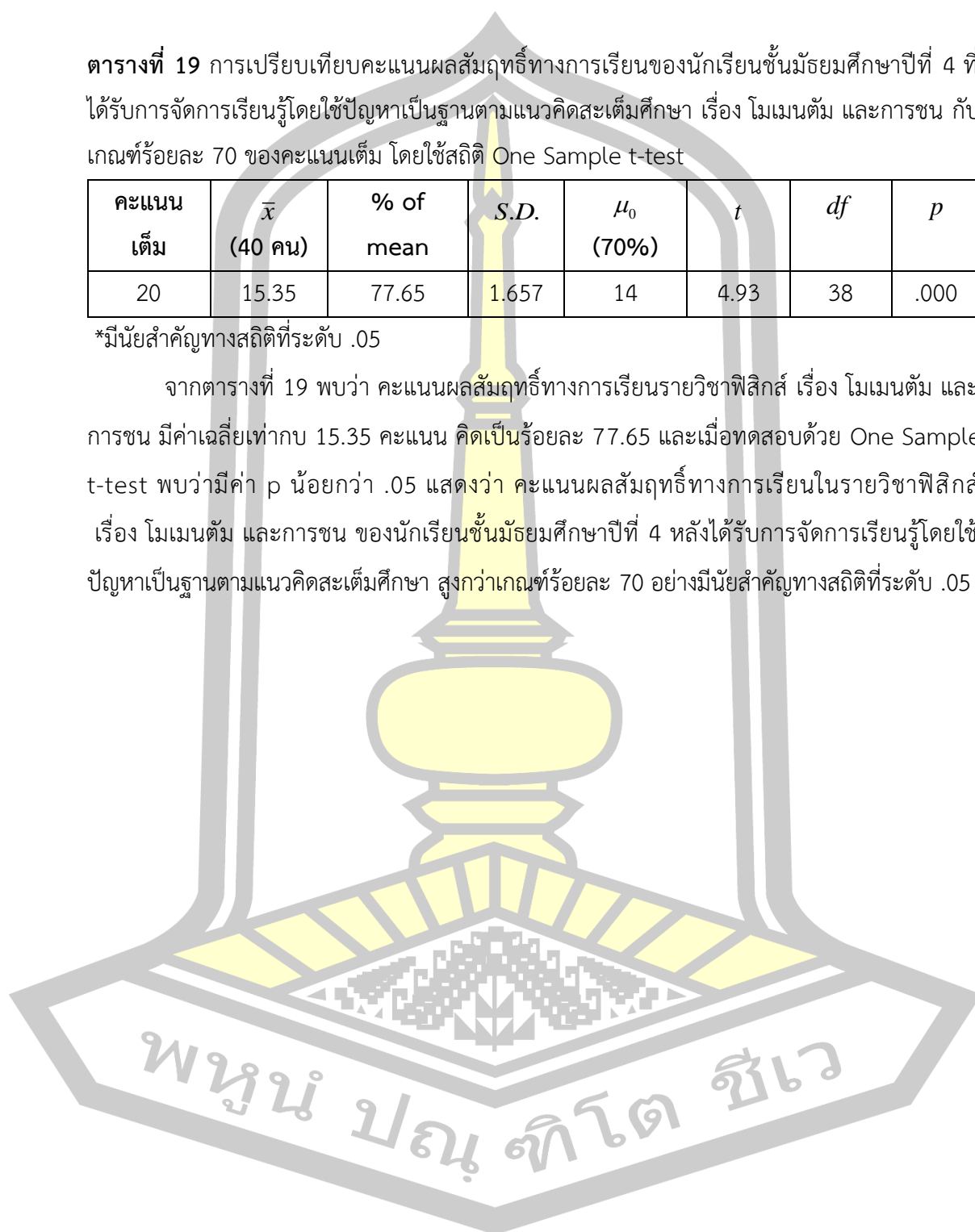
โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ และระดับการวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ จากนั้นทำการเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test ปรากฏดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test

คะแนนเต็ม	$\bar{x}$ (40 คน)	% of mean	S.D.	$\mu_0$ (70%)	t	df	p
20	15.35	77.65	1.657	14	4.93	38	.000

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 19 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.65 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลได้ตามลำดับดังหัวข้อต่อไปนี้

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

#### 1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

#### 2. สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังนี้

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ  $E_1 / E_2$  เท่ากับ  $E_1 / E_2 = 77.29 / 78.23$  ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบ และโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 3. อภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 ผู้วิจัยได้อภิปรายผลได้ดังนี้

3.1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ  $E_1/E_2 = 77.29/78.23$  ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่  $75/75$  หมายความว่าประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยคะแนนได้จากคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดของจากใบกิจกรรมในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบย่อยของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำคะแนนที่ได้มาทำการรวมกันในอัตราส่วน 50:50 และทำการหาค่าเฉลี่ยไปคำนวณหาค่า  $E_1$  พบว่ามีค่าเท่ากับ 77.29 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยคะแนนได้จากการนำคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งหมดมาทำการรวมกันในเพื่อหาค่าเฉลี่ยและนำไปคำนวณหาค่า  $E_2$  พบว่ามีค่าเท่ากับ 78.23 จึงกล่าวได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนำไปใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงกล่าวได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์ชชา ศาสตราชัย (2562) ซึ่งทำการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือที่รายวิชาฟิสิกส์เรื่อง แรง และ ความดัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าประสิทธิภาพกระบวนการ/ผลลัพธ์มีค่าเท่ากับ  $90.54/87.40$  ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบ และโดยรวมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐาน การวิจัย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีกิจกรรมที่ สอดแทรกให้มีการระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษามี ขั้นตอนการทำกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ที่มีเกี่ยวข้องกับ เรื่อง โมเมนตัม และการชน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ และทำการ อภิปรายภายในกลุ่มของตนเพื่อลงข้อสรุปว่าสิ่งใดคือปัญหา และต้องสร้างชิ้นงานลักษณะใดถึงจะ แก้ปัญหาดังกล่าวได้ จากนั้นจึงบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการสร้างความสนใจให้แก่ นักเรียนด้วยการใช้สถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความต้องการในการแก้ปัญหาของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และเกิดจินตนาการถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงานต่างๆ ที่ จะเป็นคำตอบในการมาแก้ไขปัญหา โดยผ่านหลักการ หรือทฤษฎีที่สืบค้นมา อีกทั้งนักเรียนยัง สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากชั้นสังเคราะห์ความรู้ ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องนำ ความรู้ที่ได้จากขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า มาทำการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และสรุปเป็นองค์ความรู้ จากนั้นสมาชิกภายในกลุ่มจะนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการวาดภาพหรือ เขียนแบบร่างชิ้นงานขึ้น พร้อมทั้งระบุปริมาณทางกายภาพต่างๆ ที่ผ่านการคำนวณตามทฤษฎีหรือ องค์ความรู้ที่ เช่น มวล น้ำหนัก และความเร็ว เป็นต้น จากกระบวนการดังกล่าว เป็นการจัดกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการ นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานหรือข้อกล่าวอ้างที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น รวมถึงนำไปอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง และเห็นภาพได้ชัดเจน ยิ่งขึ้นซึ่งเป็นแบบบันทึกกิจกรรมที่แจกให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้บันทึกขณะทำกิจกรรมซึ่งถูกออกแบบ ให้มีข้อความของการระบุข้อกล่าวอ้าง การระบุหลักฐาน และการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องตลอดการทำ กิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการนำหลักฐานที่ได้จากการ เก็บรวบรวมข้อมูลจากการลงมือปฏิบัติ การสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้ เป็นหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และสนับสนุนแบบร่างที่ถูกต้อง สอดคล้องกับ ซึ่งสอดคล้องกับ คำกล่าวของ (Faizah et al,2018) กล่าวว่าในขั้นการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้การระบุปัญหา และ ทำความเข้าใจปัญหาเพื่อตีกรอบข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้อง และดำเนินการศึกษาค้นคว้า โดยมีปัญหา เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลตัวหลักฐานเพื่อเตรียมวิธีการแก้ปัญหา การนำข้อมูลข้อมูลที่

หลากหลายไปสังเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการวางแผนการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนได้ฝึกการเขียนเชื่อมโยง รวมถึงการสรุป ซึ่งการนำเสนอคือการนำเสนอทุกกระบวนการของการทำกิจกรรมตั้งแต่วิธีการแก้ไขปัญหาไปจนถึงองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม ซึ่งทุกการกระทำต่างๆ จะต้องมีการที่ไปมีเหตุผลรองรับการกระทำ ทำให้นักเรียนได้ฝึกพัฒนาการใช้เหตุผลอย่างเหมาะสมโดยการอธิบายการเชื่อมโยงระหว่างปัญหาที่เป็นข้อกล่าวอ้าง และข้อมูลที่สืบค้นเพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหา (Alozie et al, 2010) แต่จากตารางการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.72 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.38 คะแนน ด้านหลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.31 ด้านการให้เหตุผล 11.73 คิดเป็นร้อยละ 73.31 จะเห็นได้ว่าด้านการให้เหตุผลมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด เนื่องจากการให้เหตุผลนั้นนักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และต้องสามารถให้เหตุผลประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง (พนนิดา มีลารัมเหล่า อาจเดช , 2560) ซึ่งการเขียนอธิบายเพื่อให้เหตุผลที่ตั้นั้นควรแสดงถึงการอธิบายจากหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ซึ่งจากการตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจน และตรงประเด็นเป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนไม่สามารถระบุหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าหลักฐานที่ให้นำนั้นสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Primo et al (2010) ที่ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งมีนักเรียนเพียงร้อยละ 18 ที่สามารถเขียนคำอธิบายได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ Berland and Reiser (2009) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลหลักฐาน วิเคราะห์ สังเคราะห์ แล้วนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือลงข้อสรุปต่างๆ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผล จะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวรริสา ร้อยกรอง และธิติยา

บกขเพชร (2562) ที่ได้ศึกษาแนวทางจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนำเสนอสถานการณ์ที่มีปัญหาชัดเจน และเน้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ บูรณาการ ความรู้ทำงานเป็นทีม ลงมือปฏิบัติจริง จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานคะแนนหลังเรียนเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกสมรรถนะ ดังต่อไปนี้ สมรรถนะแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 77.83 รองลงมาเป็นสมรรถนะการประเมิน และออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 66.67 และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็น ร้อยละ 54.33 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Laksmi, Monika Lintang, et al. (2021) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงผลการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน รายวิชาชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ และทำจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จากนั้นทำการเก็บ ข้อมูลจากแบบทดสอบอัตนัย แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนักเรียนมีในทุกองค์ประกอบดังนี้ 1.ข้อกล่าวอ้าง 61% 2.หลักฐาน 53% และ 3.การให้เหตุผล 51%

3.3 นักเรียนที่รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ สมมติฐานการวิจัย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา มี ลักษณะเด่นคือ เป็นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูยกตัวอย่างหรือสถานการณ์ ที่แสดงถึงปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรม ช่วยกันสังเกตและทำความเข้าใจ ปัญหาพร้อมทั้งแสดงความคิดเห็น และเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม ส่งผลให้ บรรยากาศในการเรียนการสอนไม่เบื่อหน่าย และนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ฝึกกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจตรวจสอบ การจัดกระทำข้อมูลและ สามารถรำความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ (Schwarz and Gwekwerere, 2006) โดยการสร้างแบบจำลองนั้นถือเป็นหนึ่งใน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอแนวคิดทางกายภาพหรือเหตุการณ์ต่างๆ ให้สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์มีเนื้อหาในส่วนที่เป็นนามธรรม ซับซ้อน เมื่อใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนรู้จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรม (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์และคณะ, 2558) สังเกตได้จากการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเมื่อสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำเร็จแล้วจะสามารถนำแบบจำลองไปอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างสถานการณ์ในชั้นกำหนดปัญหา ส่วนครูมีการใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถามเกิดการระดมความคิด การลงมือสำรวจตรวจสอบและทำให้นักเรียนรู้จักการใช้เหตุผลมาประกอบการพิจารณาการสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ได้ดี สอดคล้อง

#### 4. ข้อเสนอแนะ

##### 4.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

4.1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูควรเน้นย้ำถึงการเขียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ลงในใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้อยู่ในกรอบเนื้อหาที่เรียน

4.1.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้เวลาในการสอนมากกว่าการสอนแบบทั่วไป เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนสัมฤทธิ์ผล ครูผู้สอนควรวางแผนเวลาในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม

4.1.3 ครูผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จัดเรียนเนื้อหาตามลำดับความเหมาะสมของเนื้อหาที่เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานต่างๆ ของนักเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเลือกใช้วัสดุ และสร้างชิ้นงานที่หลากหลายตามความเหมาะสม

4.1.4 ในตอนเริ่มต้นนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับการนำความรู้ที่ตนมีไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ครูผู้สอนจึงควรมีการเตรียมความพร้อมก่อนเรียน เช่น อาจมีการอธิบายหรือแสดงตัวอย่างชิ้นงานต่างๆ จากวัสดุที่หลากหลายเพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักเรียนในการสร้างและเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม

4.1.5 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจึงทำหน้าที่อำนวยความสะดวก เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดมากกว่าการบอกคำตอบโดยตรง เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักคิด และกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น

4.1.6 ในขั้นที่นักเรียนต้องสร้างชิ้นงานขึ้น ครูผู้สอนควรกำหนดขอบเขตหรือกำหนดประเด็นในการสร้างชิ้นงานให้ชัดเจน เพราะในระหว่างการสร้างชิ้นงานนักเรียนอาจคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น การใช้เวลามากจนเกินไปกับการตกแต่งชิ้นงานให้สวยงามมากกว่าความเหมาะสม และความถูกต้องตามหลักการ

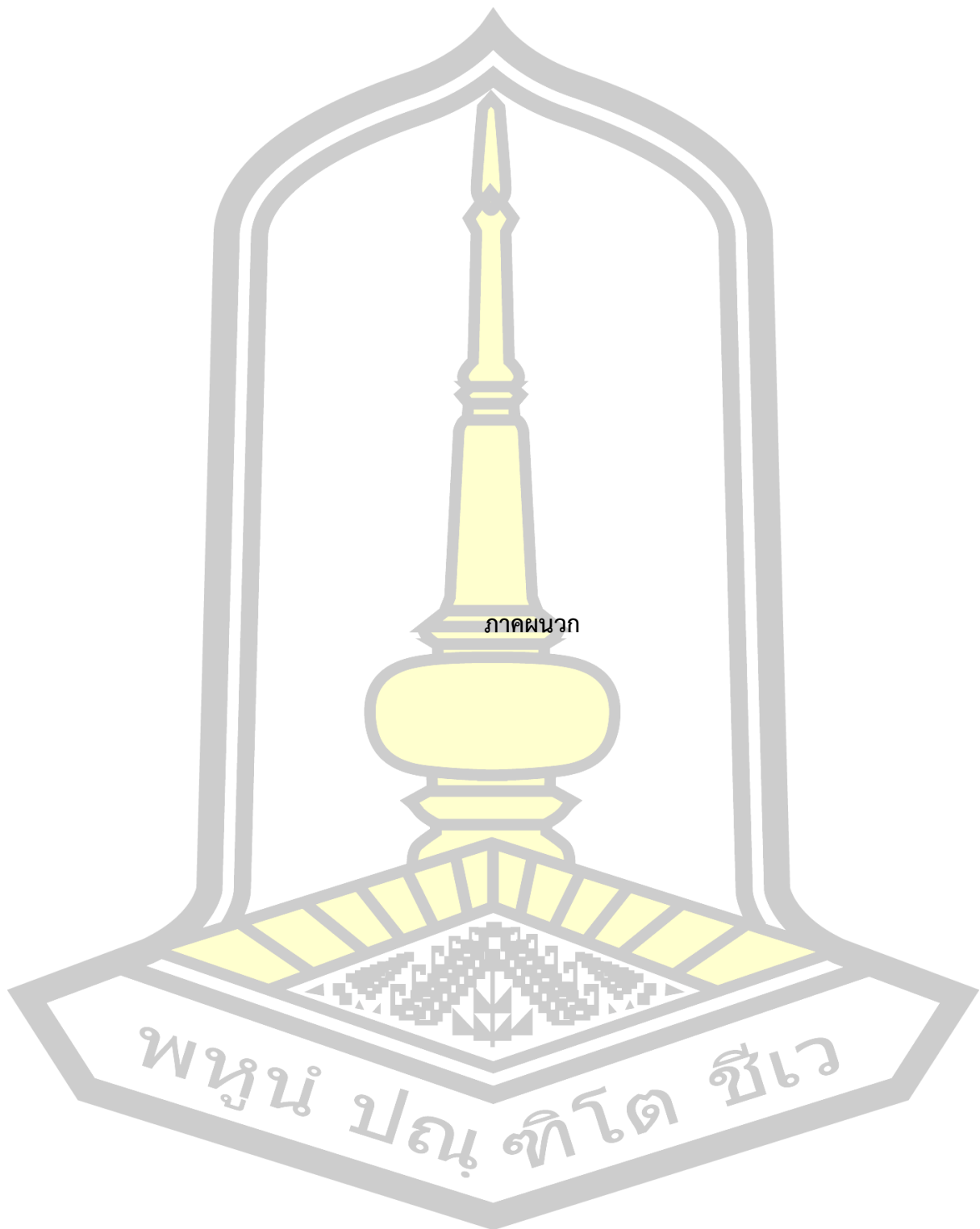
4.1.7 ควรพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้มีการเตรียมอุปกรณ์การทดสอบต่างๆ ที่มีความเที่ยงตรง เพื่อให้การทดสอบชิ้นงานต่างๆ ของนักเรียนมีความถูกต้องเป็นไปตามทฤษฎีที่มีความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด

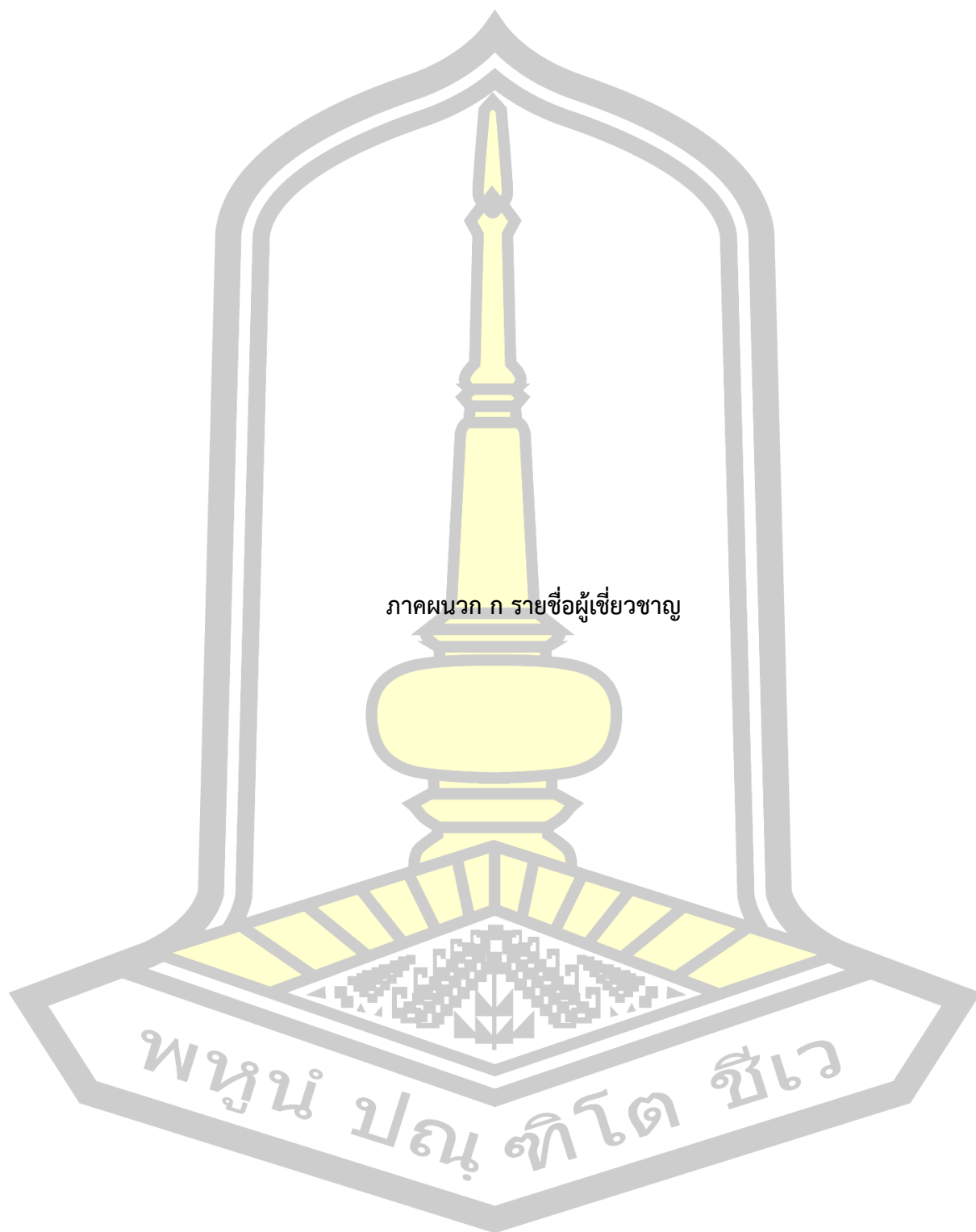
4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

4.2.1 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาตัวแปรอย่างเช่นความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เนื่องจากในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนนั้นนักเรียนหลายกลุ่มมีความคิดริเริ่มสิ่งที่จะสร้างสิ่งแปลกใหม่ มีความคิดที่หลุดออกจากกรอบ และมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งของรอบตัวที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ ทำให้สามารถสร้างชิ้นงานที่มีความหลากหลาย และสวยงาม

4.2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้ระเบียบวิธีวิจัยประเภทวิจัยเชิงปฏิบัติการที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายให้ดีขึ้น และใช้วิธีการที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลในเชิงลึกกว่านี้ เช่น แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นระยะๆ







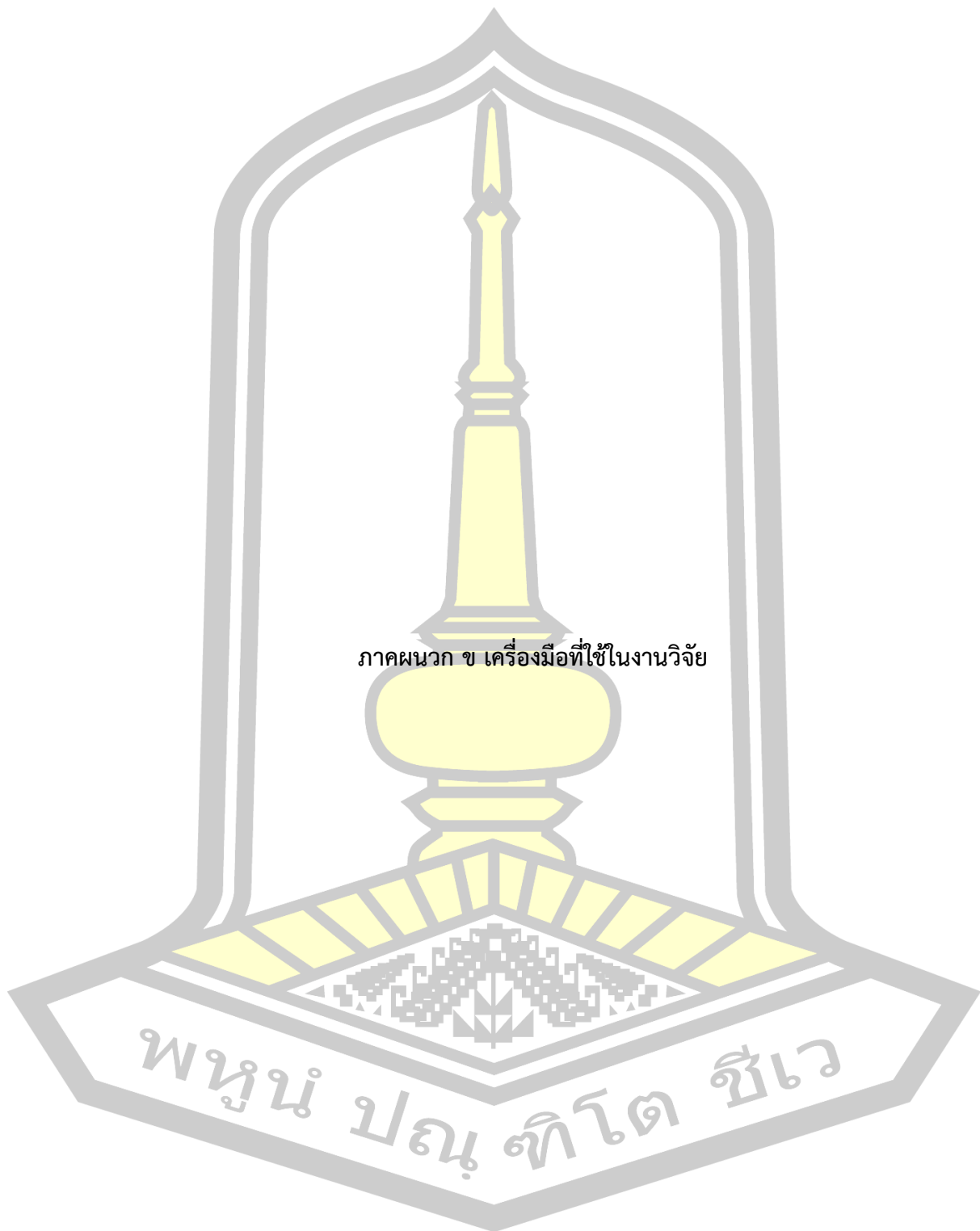
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

พหุบัณฑิตวิทยาลัย

### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม การศึกษาศุภบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร และการสอนคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาศุภบัณฑิต (นวัตกรรม หลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร และการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน
3. นางอรนุช ไหวหารกล้า ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา  
กาฬสินธุ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์





ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

## แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัม และการชน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

สาระการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2566

ตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน/ผลการเรียนรู้

### 1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับ โมเมนตัม

### 2. สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ กฎอนุรักษ์พลังงาน และโมเมนตัม

เทคโนโลยี การเลือกใช้วัสดุในการออกแบบรถทดลอง

คณิตศาสตร์ การแก้สมการ 1 ตัวแปร

วิศวกรรมศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างรถทดลองที่มีระยะเบรกตรง

ตามเงื่อนไข

### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนบอกความหมายของโมเมนตัมได้ (K)

2. นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมของรถทดลองได้ (P)

3. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับโมเมนตัมของวัตถุได้ (P)

4. นักเรียนให้ความร่วมมือผ่านการทำงานเป็นทีม (A)

### 4. สาระสำคัญ

โมเมนตัม  $p$  เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุว่าวัตถุมีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้มากน้อยเพียงใด ในกรณีที่วัตถุ 2 ก้อนมีความเร็วเท่ากันวัตถุที่มีมวลมากกว่าจะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ดีกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่าเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า  $p \propto m$  และในกรณีที่วัตถุ 2 ก้อนมีมวลเท่ากัน วัตถุที่มีความเร็วที่มากน้อยต่างกัน วัตถุที่มีความเร็วมากกว่าจะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ดีกว่าเช่นเดียวกันเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า  $p \propto v$  ด้วยเหตุนี้สมการในการคำนวณหาค่าสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุจึงเป็น  $p = mv$

แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แนวคิด			
S : วิทยาศาสตร์	T : เทคโนโลยี	E : วิศวกรรมศาสตร์	M : คณิตศาสตร์
-กฎอนุรักษ์พลังงาน -โมเมนตัม	-การเลือกใช้วัสดุ	-การออกแบบรถ ทดลองให้มีระยะเบรก ตรงตามเงื่อนไข	-การแก้สมการ 1 ตัว แปร

1. ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา (10 นาที)

1.1 ครูตั้งคำถามเกี่ยวกับรถยนต์เพื่อกระตุ้นความสนใจนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างรถยนต์ที่ดีควรคำนึงถึงระบบความปลอดภัยในส่วนใดบ้าง

**แนวคำตอบ วัสดุในการสร้าง ระบบความปลอดภัยภายใน เช่น แอร์แบค และเบรก**

1.2 ครูให้นักเรียนศึกษาจากวิดีโอที่เกี่ยวกับการทดสอบระบบความปลอดภัยของรถอย่างระบบเบรกรถยนต์ยี่ห้อต่างๆ จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้

1.2.1 จากวิดีโอที่นักเรียนคิดว่ารถยนต์ยี่ห้อใดมีระบบเบรกดีที่สุด และดูจากอะไร

**แนวคำตอบ ยี่ห้อ B ดูจากระยะในการเบรกที่มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับยี่ห้อ A และ C**

1.2.2 จากวิดีโอที่นักเรียนทดสอบระบบเบรกดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องอะไรบ้าง

**แนวคำตอบ ความเร็ว ความเร่ง มวล แรงเสียดทาน สภาพการเคลื่อนที่**

1.3 ครูนำเสนอสถานการณ์เพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

“ปัจจุบันบริษัทผลิตรถยนต์หลายแห่งต้องการให้วิศวกรออกแบบ และสร้างรถที่มีความปลอดภัยสูง มีระบบที่ดีใช้ระยะทางในการเบรกที่สั้นในความเร็วที่ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นความเร็วต้นค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในการทดสอบระบบเบรกของรถ แต่เพื่อที่จะเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี บริษัท A จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนารถยนต์รุ่นใหม่ที่มีระบบเบรกที่เหนือกว่าหลายๆ บริษัทในปัจจุบันด้วยการออกแบบและสร้างรถยนต์ที่ใช้ระยะทางในการเบรคน้อยกว่าเดิมที่หลายๆบริษัททำได้ ซึ่งนักเรียนเป็นหนึ่งในวิศวกรของบริษัท A ที่ต้องออกแบบ และสร้างรถยนต์จำลองต้นแบบตามความต้องการของบริษัทก่อนไปสร้างจริง โดยสำหรับรถทดลองจะต้องมีระยะทางที่ใช้ในการเบรคน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เซนติเมตร ซึ่งต้องวิ่งด้วยความเร็วไม่น้อยกว่า 0.8 เมตร/วินาที”



1.4. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน โดยคละเพศ คละความสามารถ จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มมารับใบความรู้ และใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเป็นนวัตกรรมน้อย

1.5 ครูให้นักเรียนอ่านเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ และร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อทำการระบุปัญหาของกลุ่มลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 หัวข้อที่ 1 ระบุปัญหาที่ได้จากสถานการณ์ลงในใบกิจกรรม

## 2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา (20 นาที)

2.1 ครูให้นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาของตนโดยการเชื่อมโยงปัญหาเข้ากับปริมาณทางฟิสิกส์ โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้ที่ครูเตรียมให้ และทำการระบุ ปริมาณ แนวคิด หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับปัญหาลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 หัวข้อที่ 2 แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (แนวคำตอบ ความเร็ว มวล โมเมนตัม)

## 3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า (15 นาที)

3.1 นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าจากปริมาณ แนวคิด หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่นักเรียนได้ระบุไว้

3.2 ครูให้นักเรียนทำการเขียนระบุความหมาย และสมการในการคำนวณของปริมาณ แนวคิด หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่นักเรียนได้จากศึกษาค้นคว้าลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 หัวข้อที่ 2.1 และ 2.2

## 4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ (30 นาที)

4.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนออกแบบรถทดลองพร้อมกับเขียนระบุลงในใบกิจกรรมถึงปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องเช่น รูปร่างทางกายภาพ และมวล โดยใช้วัสดุจากอุปกรณ์ที่ครูได้เตรียมไว้ให้ลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ในหัวข้อที่ 3 แบบร่างรถทดลอง

4.2 ครูทำการตรวจแบบร่างแต่ละกลุ่ม และให้กลุ่มที่ตรวจเสร็จแล้วดำเนินการสร้างสร้างรถทดลองขึ้นพร้อม และทำการชั่งมวลและบันทึกลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 หัวข้อที่ 3.1 และแสดงวิธีการคำนวณระยะเบรกของรถในหัวข้อที่ 3.2 ตามลำดับถัดไป

## 5. ขั้นสรุป และประเมินค่าชิ้นงาน (10 นาที)

5.1 ครูให้นักเรียนนำรถทดลองมาทำการทดลองระบบเบรกรยังฐานที่ครูจัดเตรียมไว้

5.2 ครูให้นักเรียนประเมินว่ารถทดลองที่นำมาทดสอบที่ฐานนั้นมีระยะทางในการเบรกมากกว่าหรือใกล้เคียงเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสถานการณ์หรือไม่ (เกิน 3.5 เซนติเมตร) และเสนอวิธีการปรับปรุงในลำดับถัดไป

## 6. ขั้มนำเสนอและประเมินผลงาน (15 นาที)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอ และร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบรถจำลองตลอดจนวิธีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

6.2 ครูนำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ที่เกี่ยวข้องถึงแนวทางการออกแบบรถทดลองที่ใช้ระยะทางในการเบรกที่สั้นตรงตามเงื่อนไข

## 7. การวัด และประเมินผล

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถ อธิบาย ความหมายโมเมนตัม (K)	- ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- แบบประเมินการให้คะแนนด้านความรู้	ผ่าน 70 % ขึ้นไป
2. นักเรียนสามารถคำนวณหาค่าโมเมนตัมของรถทดสอบกลุ่มของตนได้ (P)	- ใบกิจกรรมการเรียนรู้ 1 - ใบกิจกรรมการเรียนรู้ 1	- แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะ - แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะ	ผ่าน 80 % ขึ้นไป
3. นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับโมเมนตัมของวัตถุได้ (P)			
4. นักเรียนให้ความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และมีภาวะผู้นำ (A)	- สังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะเรียนและทำกิจกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่าน 80 % ขึ้นไป

## 8. เอกสารอ้างอิง

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1
2. ใบความรู้
  - 2.1 ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง กฎอนุรักษ์พลังงาน
  - 2.2 ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง โมเมนตัม

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

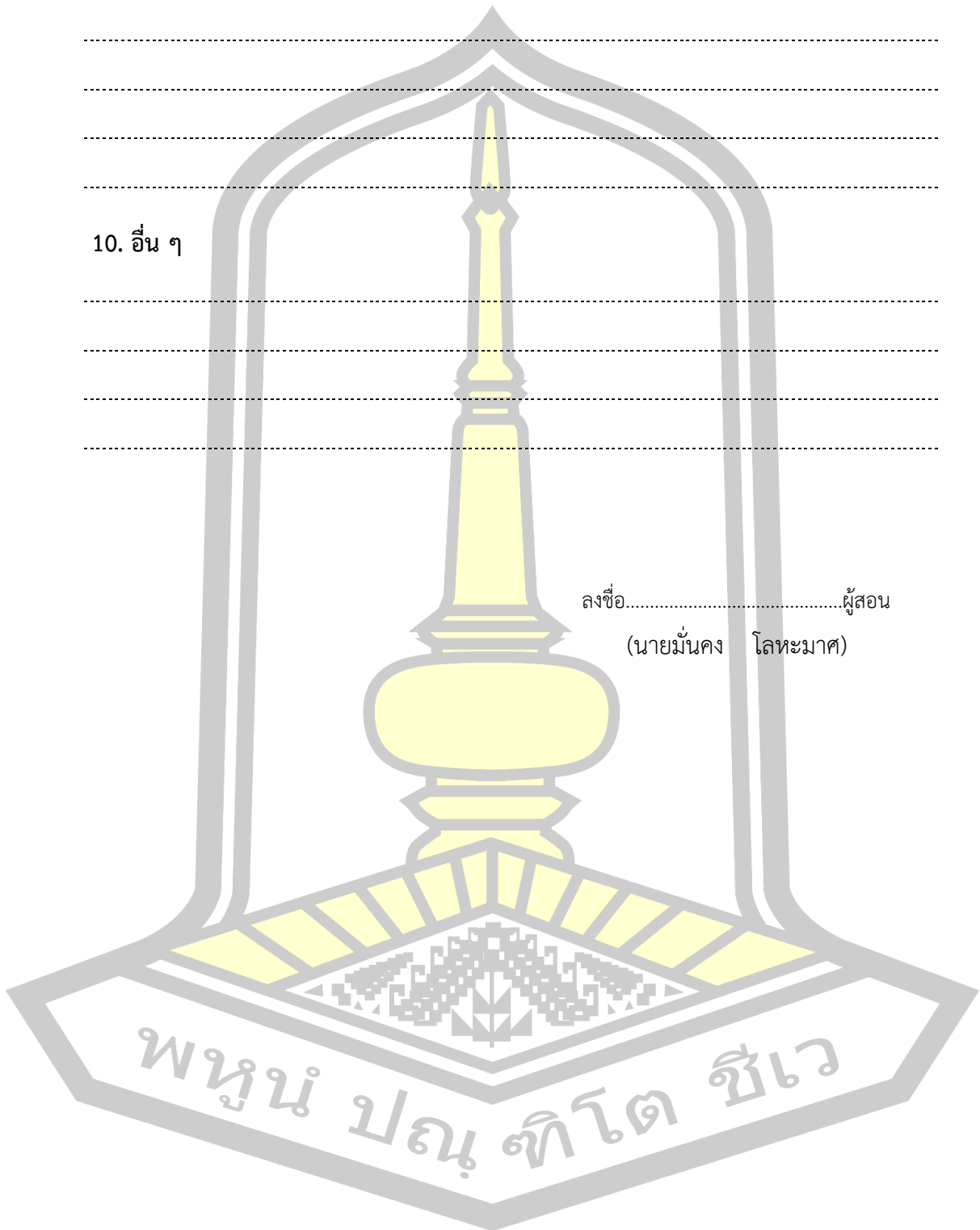
10. อื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน  
(นายมันคง โลหะมาศ)



พหุ ประจักษ์ วิทย์

### แบบประเมินการให้คะแนนด้านความรู้

**คำชี้แจง** เขียนคะแนนลงในช่องให้คะแนน โดยให้คะแนนที่เหมาะสมกับความรู้ที่นักเรียนเขียนมา  
ได้มากที่สุด

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ข้อที่		คะแนนเต็ม 6
		2.1	2.2	

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่..... /..... /.....

เกณฑ์การประเมิน ผู้ผ่านเกณฑ์การ  
ประเมินต้องได้คะแนน 4 คะแนน ขึ้นไป  
จากคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน

#### เกณฑ์การให้คะแนน

คำถาม	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ข้อที่ 1 และ 2	อธิบายคำตอบและสมการ ในการคำนวณได้อย่าง ถูกต้องและ ชัดเจนของข้อ นั้นๆ	อธิบายคำตอบและสมการ ในการคำนวณได้แต่ สามารถอธิบายได้ไม่ค่อย ชัดเจนของข้อนั้น ๆ	อธิบายคำตอบและ สมการในการคำนวณได้ แต่ไม่ชัดเจนในข้อนั้น	ไม่เขียน คำตอบใดๆ

แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะการคำนวณ

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมายลงในช่องคะแนนที่ตรงกับความรู้ความเข้าใจนักเรียนมากที่สุด

เลขที่	ข้อที่ 3.2								
	ความสัมพันธ์กับ สมการและปัญหา			การแทนค่าตัวแปร			การแก้ไขปัญหา และคำตอบ		
	2	1	0	2	1	0	2	1	0

เกณฑ์การประเมิน ผู้ผ่านเกณฑ์การ  
ประเมินต้องได้คะแนน 4 คะแนน  
ขึ้นไปจากคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

ระดับคะแนน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ความสัมพันธ์ของ สมการกับปัญหา	เลือกใช้สมการที่ เหมาะสมกับปัญหาที่ ระบุขึ้นถูกต้อง ครบถ้วน	เลือกใช้สมการที่ เหมาะสมกับปัญหาที่ ระบุขึ้นถูกต้องแต่ไม่ ครบถ้วน	เลือกใช้สมการที่เหมาะสม กับปัญหาที่ระบุขึ้นไม่ ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
การแทนค่าตัวแปร	เขียนแสดงตัวแปรที่ได้ จากการบันทึก ครบถ้วน และนำไป แทนค่าลงในสมการได้ ถูกต้อง	เขียนแสดงตัวแปรที่ได้ จากการบันทึก ครบถ้วน และนำไป แทนค่าลงในสมการได้ ไม่ถูกต้อง	เขียนแสดงตัวแปรที่ได้ จากการบันทึกไม่ถูกต้อง และนำไปแทนค่าลงใน สมการไม่ได้ถูกต้อง
การแก้ไขปัญหา และคำตอบ	นำตัวแปรมาแทนค่าได้ ถูกต้องและสามารถ แสดงวิธีการคำนวณ เพื่อนำไปสู่คำตอบที่ ถูกต้องได้	นำตัวแปรมาแทนค่าได้ ถูกต้องแต่ไม่สามารถ แสดงวิธีการคำนวณ เพื่อนำไปสู่คำตอบที่ ถูกต้องได้	นำตัวแปรมาทำการแทน ค่าได้ไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การให้คะแนน

3 หมายถึง ดีมาก

2 หมายถึง ดี

1 หมายถึง พอใช้

0 หมายถึง ต้องปรับปรุง

บัณฑิต ชีวะ

### แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะการทดลอง

คำชี้แจง สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรม และให้คะแนนลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรม  
ของ นักเรียนมากที่สุด

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการสังเกต			คะแนนรวม เต็ม 9 คะแนน
		ด้านการ ปฏิบัติการ ทดลอง (เต็ม 3 คะแนน)	ด้านการบันทึก ผลการทดลอง (เต็ม 3 คะแนน)	ด้านการเขียน สรุปและอภิปราย ผลการทดลอง (เต็ม 3 คะแนน)	

ลงชื่อ.....ผู้

ประเมิน

(.....)

วันที่..... /..... /.....

เกณฑ์การประเมิน ผู้ผ่านเกณฑ์การ  
ประเมิน ต้องได้คะแนน 7 คะแนน  
ขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 9

ศูนย์ ปณ. ที.โต ชีเว

## เกณฑ์การให้คะแนน

รายการการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน			
	3	2	1	0
ด้านการออกแบบการทดลอง	สามารถนำเอาอุปกรณ์และความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทดลองได้	สามารถนำเอาอุปกรณ์และความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทดลองได้แต่ต้องขอคำแนะนำจากครู	ไม่สามารถนำเอาอุปกรณ์และความรู้ที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการทดลองได้	ไม่ทำการออกแบบการทดลอง
ด้านการบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองได้ครบถ้วนและเป็นไปตามผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองได้ครบถ้วนแต่ไม่เป็นไปตามผลการทดลอง	บันทึกผลการทดลองไม่ครบถ้วนและไม่เป็นไปตามผลการทดลอง	ไม่บันทึกผลการทดลอง
ด้านการเขียนสรุปและอภิปรายผลการทดลอง	สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ตรงตามผลการทดลอง	สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ตรงตามผลการทดลองโดยครูเป็นผู้แนะนำ	สรุปและอภิปรายผลการทดลองได้ไม่ตรงตามผลการทดลอง	ไม่สรุปและอภิปรายผลการทดลอง



### แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรมโดยให้ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

เลขที่	ชื่อ - สกุล	การทำงานร่วมกับผู้อื่นและ การช่วยเหลือผู้อื่น	การรับฟังความคิดเห็นและ การแสดงความคิดเห็น	การรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย	รวม (คะแนน)	การประเมิน	
						ผ่าน	ไม่ผ่าน
1							
2							
3							
4							
5							
6							

#### เกณฑ์การประเมิน

คะแนนตั้งแต่ 4 - 9 ผ่านเกณฑ์

0 - 3 = พอใช้

4 - 6 = ปานกลาง

7 - 9 = ดี

พูน ปณ ทิโต ชีเว

เกณฑ์การให้คะแนนแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	3	2	1	0
การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการช่วยเหลือผู้อื่น	ให้ความร่วมมือและ ให้ความช่วยเหลือใน การทำกิจกรรมกลุ่ม	ให้ความร่วมมือและให้ ความช่วยเหลือในการทำ กิจกรรมกลุ่มแต่ต้องมี การ ตักเตือน 1 ครั้ง	ให้ความร่วมมือและ ให้ ความช่วยเหลือในการทำ กิจกรรมกลุ่มแต่ต้องมี การตักเตือน 2 ครั้ง	ไม่ให้ความร่วมมือ และไม่ให้ความ ช่วยเหลือในการทำ กิจกรรมกลุ่ม
การรับฟังความคิดเห็น และการแสดงความคิด เห็น	รับฟังความคิดเห็น ของผู้อื่นและกล้า แสดงความคิดเห็น	รับฟังความคิดเห็น ของ ผู้อื่นและแสดง ความ คิดเห็นเมื่อถูก กระตุ้น	รับฟังความคิดเห็น ของ ผู้อื่นแต่ไม่แสดงความคิด เห็นเมื่อถูกกระตุ้น	ไม่รับฟังความคิดเห็น ของผู้อื่นและไม่กล้า แสดงความคิดเห็น
การรับผิดชอบงานที่ ได้รับมอบหมาย	รับผิดชอบหน้าที่ที่ ได้รับมอบหมาย	รับผิดชอบหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมาย แต่ต้องมีการ เตือน 1 ครั้ง	รับผิดชอบหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายแต่ต้องมีการ เตือน 2 ครั้ง	ไม่รับผิดชอบหน้าที่ที่ ได้รับมอบหมาย

เกณฑ์การประเมิน

- 3 คะแนน = ดี
- 2 คะแนน = ปานกลาง
- 1 คะแนน = พอใช้
- 0 คะแนน = ควรปรับปรุง

พูน ปณ ทิโต ชีเว

## ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิก

ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....

1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์

.....

.....

2. ความรู้หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

.....

.....

.....

2.1 จงอธิบายความหมาย

.....

.....

.....

.....

พุ่มนํ ํปณํ ํทํ ํโต ํชํเว

2.2 สมการในการคำนวณ

.....

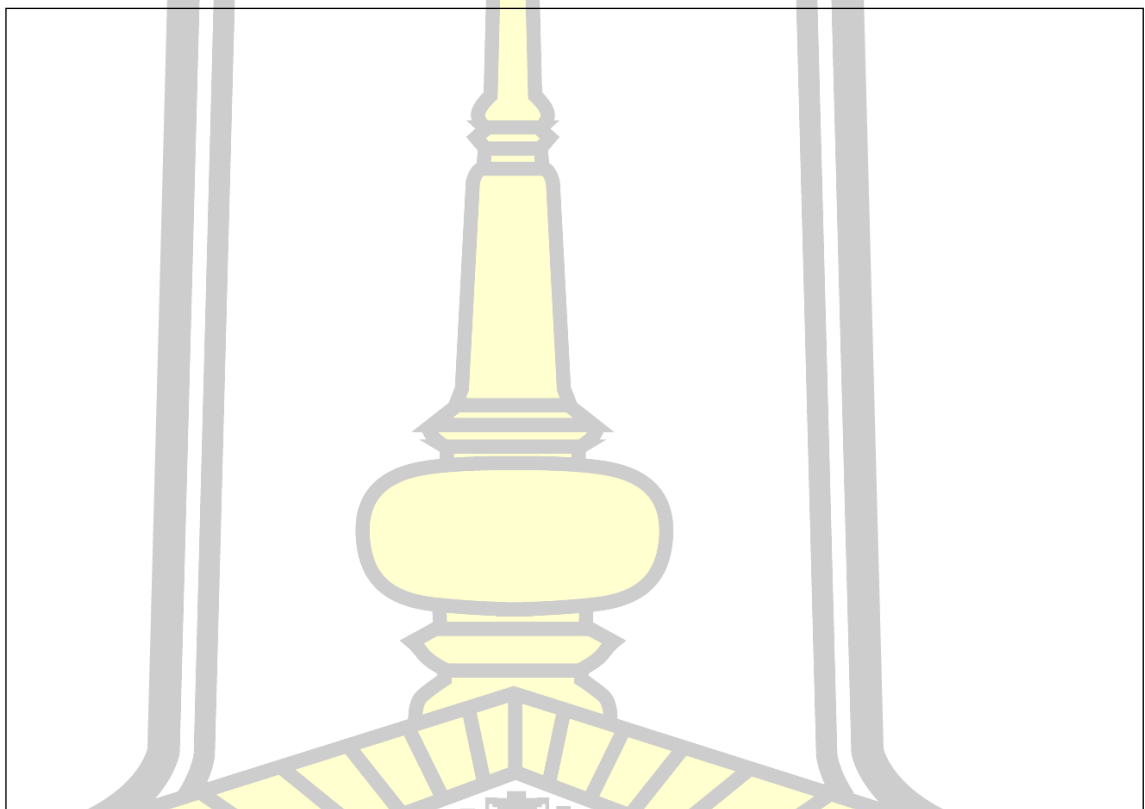
.....

.....

.....

.....

3. ภาพร่างออกแบบชิ้นงาน (ภาพร่างรถทดลองที่ต้องการจะสร้าง)



3.1 มวลของรถทดลอง..... kg

3.2 แสดงวิธีการคำนวณหาค่าสภาพการเคลื่อนที่ของรถทดลอง

.....

.....

.....

.....

## 4. ทดสอบ

ระยะหดของสปริง	ความเร็ว	มวลของรถทดลอง	ระยะเบรก

แนวทางการปรับปรุงชิ้นงาน

---



---



---



---

หลังปรับปรุง

ระยะหดของสปริง	ความเร็ว	มวลของรถทดลอง	ระยะเบรก

## 5. สรุปผล

---



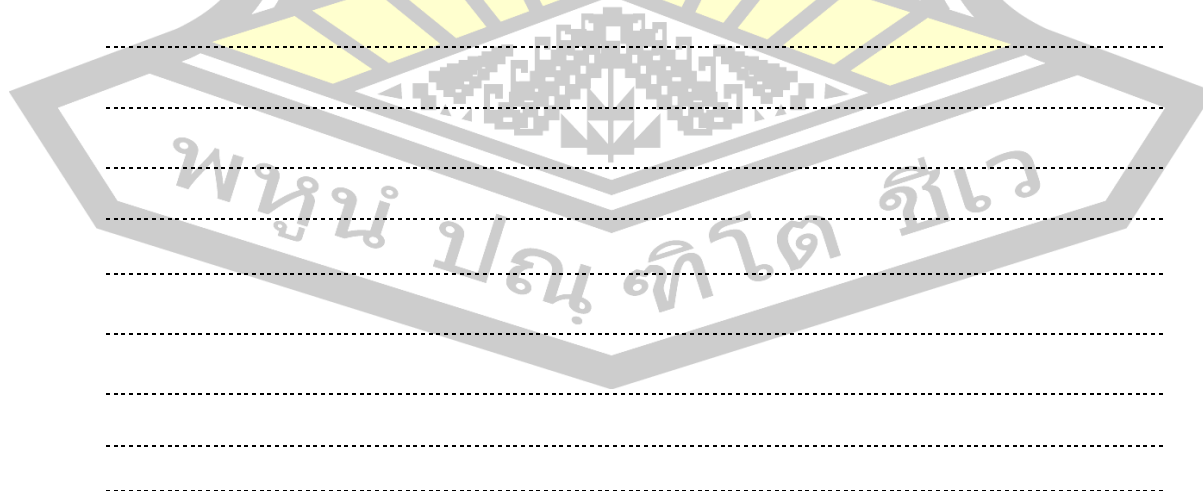
---



---



---



## แบบทดสอบหลังกิจกรรมการเรียนรู้

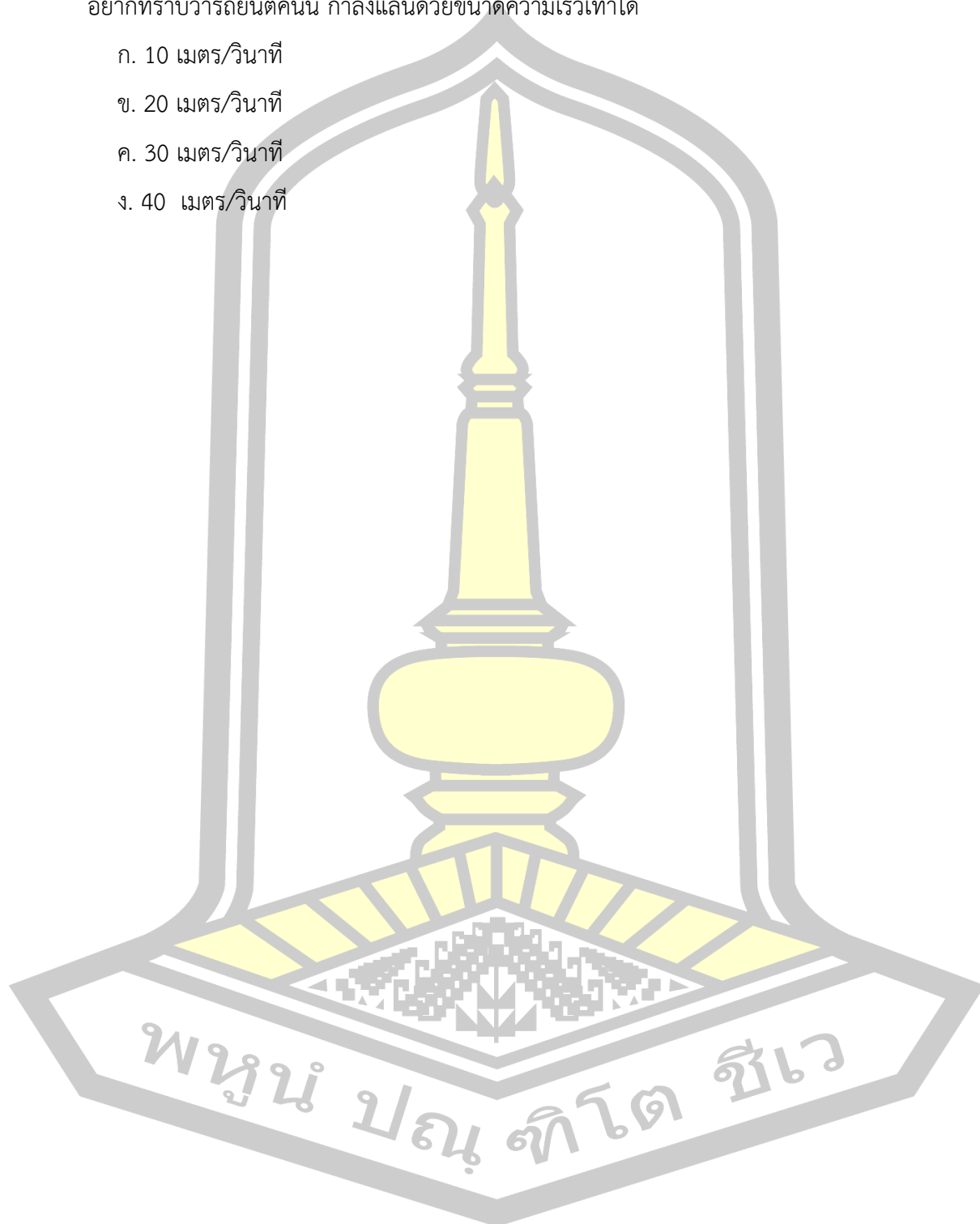
ชื่อ.....เลขที่.....

1. โมเมนตัมและความเร็วมีทิศสัมพันธ์กันอย่างไร
  - ก. ทิศเดียวกัน
  - ข. ทิศตรงข้าม
  - ค. ทิศตั้งฉากกัน
  - ง. ถูกทั้ง ก และ ข
2. ข้อใดคือความหมายของโมเมนตัมของวัตถุ
  - ก. การพยายามต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ
  - ข. การพยายามเคลื่อนที่ด้วยความเร่งของวัตถุ
  - ค. การพยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ
  - ง. ไม่มีข้อใดถูก
3. ข้อใดต่อไปนี้เป็นกล่าวถูกต้อง
  - ก. โมเมนตัมมีหน่วยเป็น m/s
  - ข. โมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์
  - ค. โมเมนตัม คือ ความพยายามหยุดการเคลื่อนที่
  - ง. โมเมนตัม คือ ผลคูณระหว่างมวลกับเวลาที่เคลื่อนที่
4. รถทดลองมวล 2 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที รถทดลองจะมีค่ามีโมเมนตัมเท่าใด
  - ก. 30 กิโลกรัม.เมตร/วินาที
  - ข. 60 กิโลกรัม เมตร/วินาที
  - ค. -30 กิโลกรัม เมตร/วินาที
  - ง. -60 กิโลกรัม เมตร/วินาที



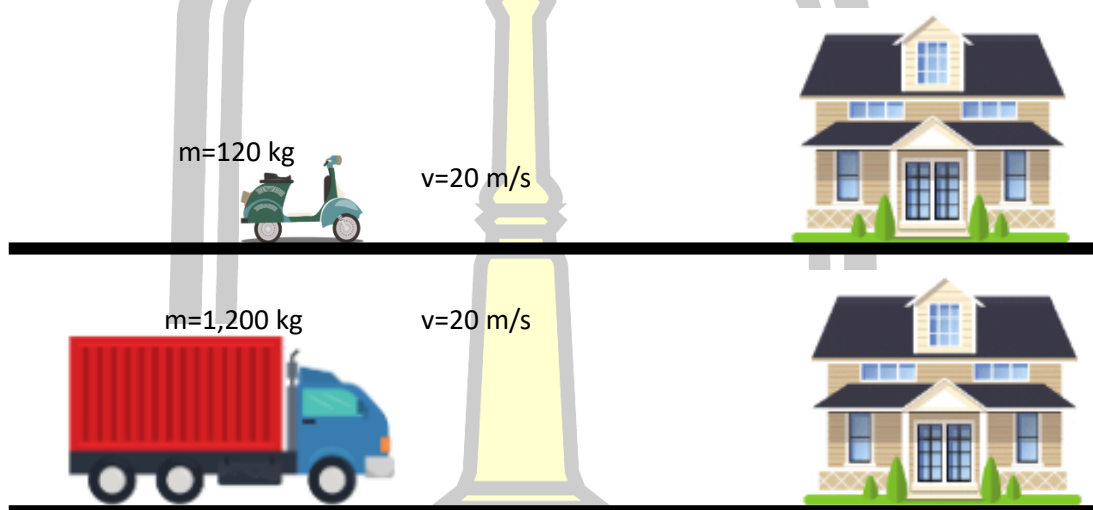
5. รถยนต์คันหนึ่งมวล 1,200 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยโมเมนตัม 24,000 กิโลกรัมเมตร/วินาที  
อยากทราบว่ารถยนต์คันนี้ กำลังแล่นด้วยขนาดความเร็วเท่าใด

- ก. 10 เมตร/วินาที
- ข. 20 เมตร/วินาที
- ค. 30 เมตร/วินาที
- ง. 40 เมตร/วินาที



## ใบเรียนรู้ที่ 1 เรื่องโมเมนตัม

โมเมนตัม (P) เป็นปริมาณที่บ่งบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยที่โมเมนตัมนั้นเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศทางเดียวกับความเร็ว เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจคำว่า ความพยายามที่จะเคลื่อนที่ของวัตถุ นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้จากสถานการณ์ตัวอย่างดังต่อไปนี้



หากรถจักรยาน และรถบรรทุกวิ่งมาด้วยความเร็วเท่ากันพุ่งชนบ้านหลังเดียวกัน นักเรียนจะสามารถคาดเดาผลที่เกิดขึ้นได้ว่าความเสียหายของบ้านหลังถูกชนของรถบรรทุกจะมากกว่า นั่นเป็นเพราะว่าโมเมนตัมมีค่าที่แปรผันตรงกับมวล และความเร็ว ( $\vec{p} \propto m$  และ  $\vec{v}$ ) จึงเขียนเป็นสมการในการคำนวณ คือ

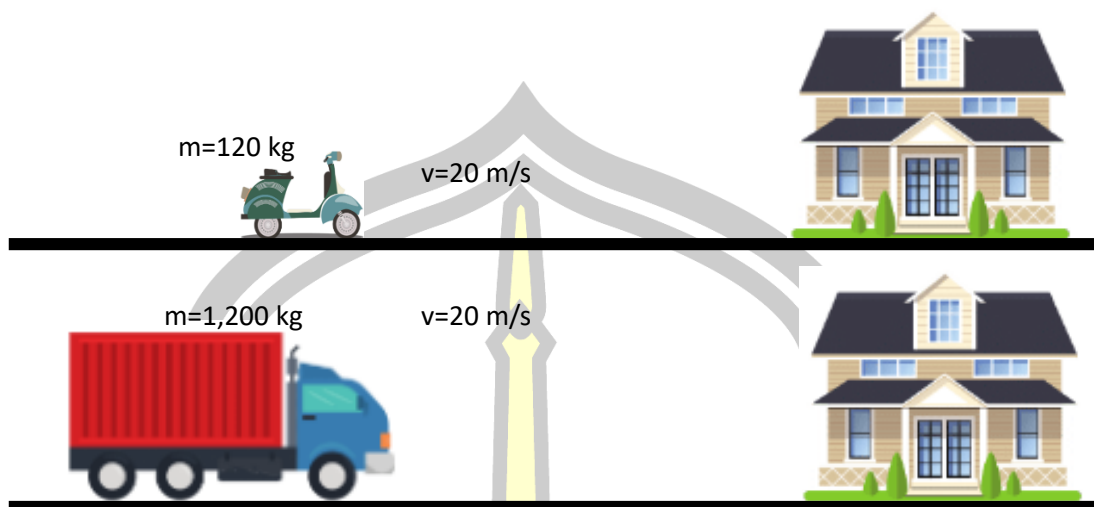
$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$\vec{p}$  คือ โมเมนตัมของวัตถุ (kg.m/s หรือ N.s)

$m$  คือ มวลของวัตถุ (kg)

$\vec{v}$  คือ ความเร็วของวัตถุ (m/s)

หากเราทำการคำนวณหาโมเมนตัมของวัตถุทั้งสองจากตัวอย่างก่อนหน้า



หาโมเมนตัมของรถจักรยานยนต์จากสมการ  $\vec{p} = m\vec{v}$

$$\vec{p} = (120)(20)$$

$$\vec{p} = 2,400 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

หาโมเมนตัมของรถบรรทุกจากสมการ  $\vec{p} = m\vec{v}$

$$\vec{p} = (1,200)(20)$$

$$\vec{p} = 24,000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

จากการคำนวณโมเมนตัมของวัตถุทั้งสอง และทำการเปรียบเทียบจะพบว่าโมเมนตัมของรถบรรทุกมากกว่าจักรยานยนต์ ด้วยเหตุนี้รถบรรทุกที่มีค่าโมเมนตัมมากกว่าจึงมีการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ดีกว่าแม้จะชนเข้ากับบ้านแล้วก็ยังเคลื่อนที่ไปต่อได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นย่อมมากกว่า

ตัวอย่างที่ 1 จงอธิบายความหมายของโมเมนตัม

แนวคำตอบ ปริมาณที่บ่งบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือผลคูณของมวลกับความเร็ว

ตัวอย่างที่ 2 ทิศทางของโมเมนตัม และความเร็วมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

แนวคำตอบ ทิศทางเดียวกัน

ตัวอย่างที่ 3 จาสมการ  $\vec{p} = m\vec{v}$  โมเมนตัมมีค่าแปรผันตรงกับปริมาณใดบ้าง

แนวคำตอบ แปรผันตรงทั้งกับมวล และความเร็วของวัตถุ

ตัวอย่างที่ 4 วัตถุมวล 2 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที จะมีโมเมนตัมเท่าไร และทิศทางเป็นอย่างไร

วิธีทำ จากสมการในการคำนวณหาโมเมนตัม  $\vec{p} = m\vec{v}$

$$\vec{p} = 2(10)$$

แนวคำตอบ 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ซึ่งโมเมนตัมมีทิศทางเดียวกันกับความเร็วคือ ทิศเหนือ

ตัวอย่างที่ 5 จักรยานยนต์คันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 25 เมตรต่อวินาที โดยมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 4,000 กิโลกรัม.เมตร/วินาที อยากทราบว่าจักรยานยนต์คันนี้ มีมวลเท่ากับเท่าใด

วิธีทำ จากสมการในการคำนวณหาโมเมนตัม  $\vec{p} = m\vec{v}$

$$4,000 = m(25)$$

แนวคำตอบ มวลของรถจักรยานยนต์ 160 กิโลกรัม



ภาพประกอบที่ 8 ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ชื่อ นิกิโกะ ทิโนะจิจิ เลขที่ 29  
 ชื่อ โทชิโอะ ทสึชิมะ เลขที่ 31  
 ชื่อ มสยะรุทสึ โยชิฮิโร เลขที่ 11  
 ชื่อ ฮิโรชิมา ทสึยามะ เลขที่ 12  
 ชื่อ ซาโตชิ ทสึชิมะ เลขที่ 24  
 ชื่อ ทสึชิมะ มสึสึเกะ เลขที่ 36

"ในปัจจุบันบริษัทผลิตรถยนต์ให้ความสำคัญกับการสร้างรถยนต์ที่มีกำลังในการขับเคลื่อนที่สูง และประหยัดพลังงาน ซึ่งสำหรับบริษัทผลิตรถยนต์ A ได้จัดการแข่งขันประจำปีเพื่อทดสอบความรู้ และความสามารถของคนในองค์กร โดยการแบ่งวิศวกรออกเป็นทีมเพื่อทำการออกแบบ และสร้างรถยนต์จำลองมาแข่งขันซึ่งกันและกัน โดยบริษัทได้กำหนดให้รถยนต์จำลองนั้น จะต้องขับเคลื่อนจากหลังจากการติดตัวจากการหดของสปริงที่ระยะหดจากจุดสมดุล  $x=0.02$  เมตร โดยค่าคงที่สปริงอยู่ที่  $k=100$  N/m โดยรถทดลองที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องมีมวลพอดีที่ให้กำลังในการเคลื่อนที่สูงพอในการต้านรถทดลองมวล  $0.044$  kg ที่จัดเตรียมไว้ให้เคลื่อนที่ไปข้างในหน้าด้วยความเร็วที่มากกว่า  $0.3$  เมตร/วินาที"

3.1 มวลของรถที่สร้าง  $0.04$  kg

3.2 แสดงวิธีการคำนวณหาความเร็วหลังชน

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$(0.05) v_1 + (0.044) (0) = (0.05 + 0.044) v$$

$$(0.05) (0.17) + 0 = 0.094 v$$

$$0.0085 = 0.094 v$$

$$v = \frac{0.0085}{0.094}$$

$$v = 0.09 \text{ m/s}$$

4. ทดสอบ

ระยะหดของสปริงจากจุดสมดุล	มวลของรถที่สร้างขึ้น	ความเร็วที่ก่อนชนของรถที่สร้าง	ความเร็วที่ก่อนชนของรถทดลอง	ความเร็วหลังชนของรถที่สร้าง
0.02 cm	0.04 kg	0.17 m/s	0 m/s	0.14 m/s

แนวทางการปรับปรุงงาน

ภาพประกอบที่ 9 ตัวอย่างผลการทำใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. ภาพร่างออกแบบชิ้นงาน (ภาพร่างรถทดลองที่ต้องการจะสร้าง)

3.1 มวลของรถทดลอง  $0.034$  kg

3.2 แสดงวิธีการคำนวณหาความเร็วการเคลื่อนที่ของรถทดลอง

หา  $F = m \ddot{x}$  จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน  $\frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} m v^2$

$$F = (0.034) \ddot{x}$$

$$F = (0.034) (1.034)$$

$$F = 0.035 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

4. ทดสอบ

ระยะหดของสปริง	ความเร็ว	มวลของรถทดลอง	ระยะเบรก
$x = 2$ cm	$\ddot{x} = 1.034$ m/s	$m = 0.034$ kg	$s = 4.3$ cm

แนวทางการปรับปรุงงาน

จากหลักการของกฎของนิวตัน  $\frac{1}{2} k x^2 = \frac{1}{2} m v^2$  หากกำหนดให้  $x = 0.04$  cm และ  $m = 0.034$  kg

หาค่าของความเร็ว  $v = \frac{\sqrt{k x^2}}{m}$  จะเห็นว่าหากกำหนดให้มวลของรถทดลองมีความเร็วคงที่คงจะได้ค่าที่สอดคล้องกัน

หลังปรับปรุง

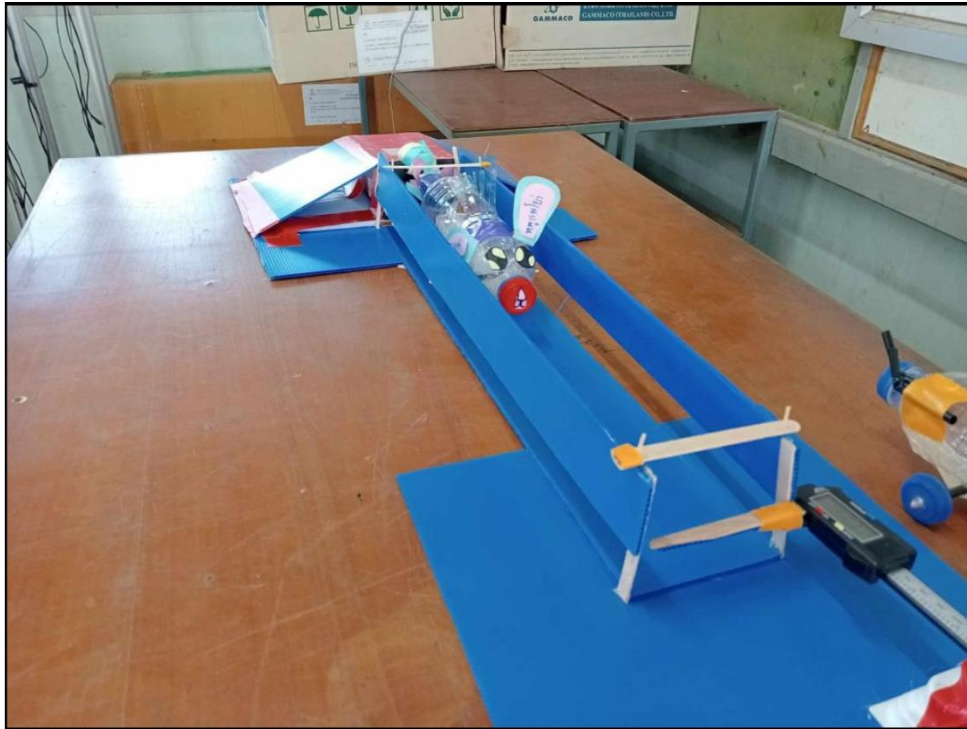
ระยะหดของสปริง	ความเร็ว	มวลของรถทดลอง	ระยะเบรก
$x = 2$ cm	$\ddot{x} = 0.19$ m/s	$m = 0.05$ kg	$s = 4.3$ cm

5. สรุปผล

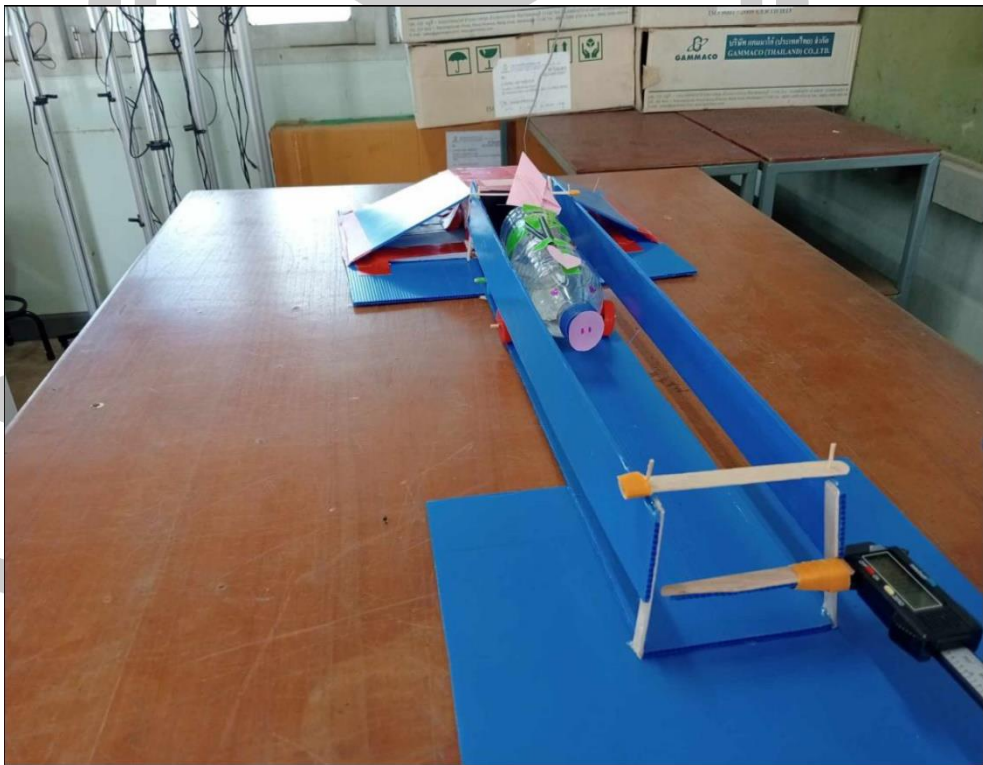
ปัญหาคือรถทดลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความเร็วที่ช้าเกินไปและรถทดลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความเร็วที่ช้าเกินไปและรถทดลองที่สร้างขึ้นนั้นมีความเร็วที่ช้าเกินไป



ภาพประกอบที่ 12 ตัวอย่างชิ้นงานนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6



ภาพประกอบที่ 13 ตัวอย่างชิ้นงานนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6



ภาพประกอบที่ 14 บรรยากาศการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน  
รหัสวิชา ว 31202 รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2566

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

**ผลการเรียนรู้** : อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโมเมนตัม

- ทิศทางของโมเมนตัม และความเร็วมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
  - ทิศไปทางเดียวกัน
  - ทิศตรงข้ามกัน
  - ทิศตั้งฉากกัน
  - ข้อที่ 1 และข้อ 2
- วัตถุมวล 2 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที จะมีโมเมนตัมเท่าไร และทิศทางเป็นอย่างไร
  - 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ในทิศใต้
  - 40 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ในทิศใต้
  - 20 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ในทิศเหนือ
  - 40 กิโลกรัม.เมตร/วินาที ในทิศเหนือ
- รถยนต์คันหนึ่งมวล 1,000 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่โดยมีค่าโมเมนตัมเท่ากับ 24,000 กิโลกรัม.เมตร/วินาที  
อยากทราบว่ารถยนต์คันนี้ กำลังวิ่งด้วยความเร็วเท่าใด
  - 20 เมตร/วินาที
  - 24 เมตร/วินาที
  - 28 เมตร/วินาที
  - 32 เมตร/วินาที

4. เตะฟุตบอลมวล 0.2 กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 20 เมตร/วินาที ในแนวระดับเข้าชนกำแพงในทิศตั้งฉากกับกำแพงแล้วสะท้อนกลับออกมาในแนวเดิมด้วยความเร็ว 15 เมตรต่อวินาที จงหาการดลของลูกฟุตบอล

- ก. 7 กิโลกรัม.เมตร/วินาที มีทิศเข้าหากำแพง
- ข. 7 กิโลกรัม.เมตร/วินาที มีทิศพุ่งหากำแพง
- ค. 14 กิโลกรัม.เมตร/วินาที มีทิศเข้าหากำแพง
- ง. 14 กิโลกรัม.เมตร/วินาที มีทิศพุ่งออกกำแพง

5. ขว้างลูกเทนนิสมวล 0.4 กิโลกรัม ด้วยความเร็ว 30 เมตร/วินาที ในแนวระดับเข้าชนกำแพงในทิศตั้งฉากกับกำแพงเป็นเวลา 0.02 วินาที แล้วสะท้อนกลับออกมาในแนวเดิมด้วยความเร็ว 15 เมตรต่อวินาที จงหาแรงเฉลี่ยที่เกิดขึ้นกับลูกเทนนิส

- ก. 300 นิวตัน
- ข. 450 นิวตัน
- ค. 550 นิวตัน
- ง. 900 นิวตัน

6. ข้อใดต่อไปนี้อีกกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับกฎอนุรักษ์โมเมนตัม

- ก. โมเมนตัมของระบบก่อนชนมีค่ามากกว่าก่อนชน
- ข. โมเมนตัมของระบบก่อนชนมีค่าน้อยกว่าก่อนชน
- ค. โมเมนตัมของของระบบก่อนชน และหลังชนมีค่าคงที่
- ง. ไม่มีข้อใดกล่าวถูกต้อง

7. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตร/วินาที เข้าชนมวล 3 กิโลกรัม ซึ่งอยู่นิ่งในแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล หลังชนวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไป จงหาความเร็วหลังชนของรถทั้งสอง

- ก. 2 เมตรต่อวินาที
- ข. 3 เมตรต่อวินาที
- ค. 4 เมตรต่อวินาที
- ง. 5 เมตรต่อวินาที

8. วัตถุ A มวล 60 กิโลกรัม เคลื่อนที่เข้าชนวัตถุ B มวล 40 กิโลกรัม ซึ่งวิ่งไปทางเดียวกันด้วยความเร็ว 6 เมตร/วินาที และ 1 เมตร/วินาทีตามลำดับ เมื่อชนกันแล้ววัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันเป็นก้อนเดียวกัน จงหาพลังงานจลน์ที่สูญเสียไปในการชนครั้งนี้

- ก. พลังงานจลน์ที่สูญเสียไปเท่ากับ 300 จูล
- ข. พลังงานจลน์ที่สูญเสียไปเท่ากับ 400 จูล
- ค. พลังงานจลน์ที่สูญเสียไปเท่ากับ 500 จูล
- ง. พลังงานจลน์ที่สูญเสียไปเท่ากับ 600 จูล

9. มวล 2m วิ่งด้วยความเร็ว 2 m/s ไปทางขวา เข้าชนกับมวล m ซึ่งวิ่งมาด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาทีในทิศทางตรงกันข้าม ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ จงหาความเร็วหลังชนของมวลทั้งสอง

- ก. หลังชนมวล 2m มีความเร็ว 0 m/s และ มวล m มีความเร็ว 3 m/s
- ข. หลังชนมวล 2m มีความเร็ว 3 m/s และ มวล m มีความเร็ว 0 m/s
- ค. หลังชนมวล 2m มีความเร็ว 0 m/s และ มวล m มีความเร็ว 6 m/s
- ง. หลังชนมวล 2m มีความเร็ว 6 m/s และ มวล m มีความเร็ว 0 m/s

10. ปืนใหญ่มวล 600 กิโลกรัม บรรจุกะสุนมวล 30 กิโลกรัม ในขณะที่ปืนใหญ่ยิงกระสุนออกไปด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ปืนใหญ่เคลื่อนที่ไปทิศตรงข้ามกับกระสุนด้วยความเร็วค่านึง อยากรหาว่าความเร็วของปืนใหญ่หลังจากยิงมีค่าเท่ากับเท่าใด

- ก. ปืนใหญ่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.5 เมตร/วินาที ทิศทางด้านหลัง
- ข. ปืนใหญ่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 เมตร/วินาที ทิศทางด้านหลัง
- ค. ปืนใหญ่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3.5 เมตร/วินาที ทิศทางด้านหลัง
- ง. ปืนใหญ่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 4.5 เมตร/วินาที ทิศทางด้านหลัง

พหุ ประถมศึกษา

## ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

### เรื่อง โม่เมนตัม และการชน

1. รถเก๋งมวล 1,275 กิโลกรัม และรถบรรทุกมวล 9,500 กิโลกรัม รถทั้งสองวิ่งมาด้วยความเร็วเท่ากัน และเกิดเสียหลักชนแบรีเออร์ข้างทางชนิดเดียวกัน หลังจากการชนพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อแบรีเออร์มีเล็กน้อยแตกต่างกัน รถคันใดสร้างความเสียหายต่อแบรีเออร์ได้มากกว่ากัน และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

-ข้อกล่าวอ้าง.....

.....

-ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน.....

.....

-ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน.....

.....

.....

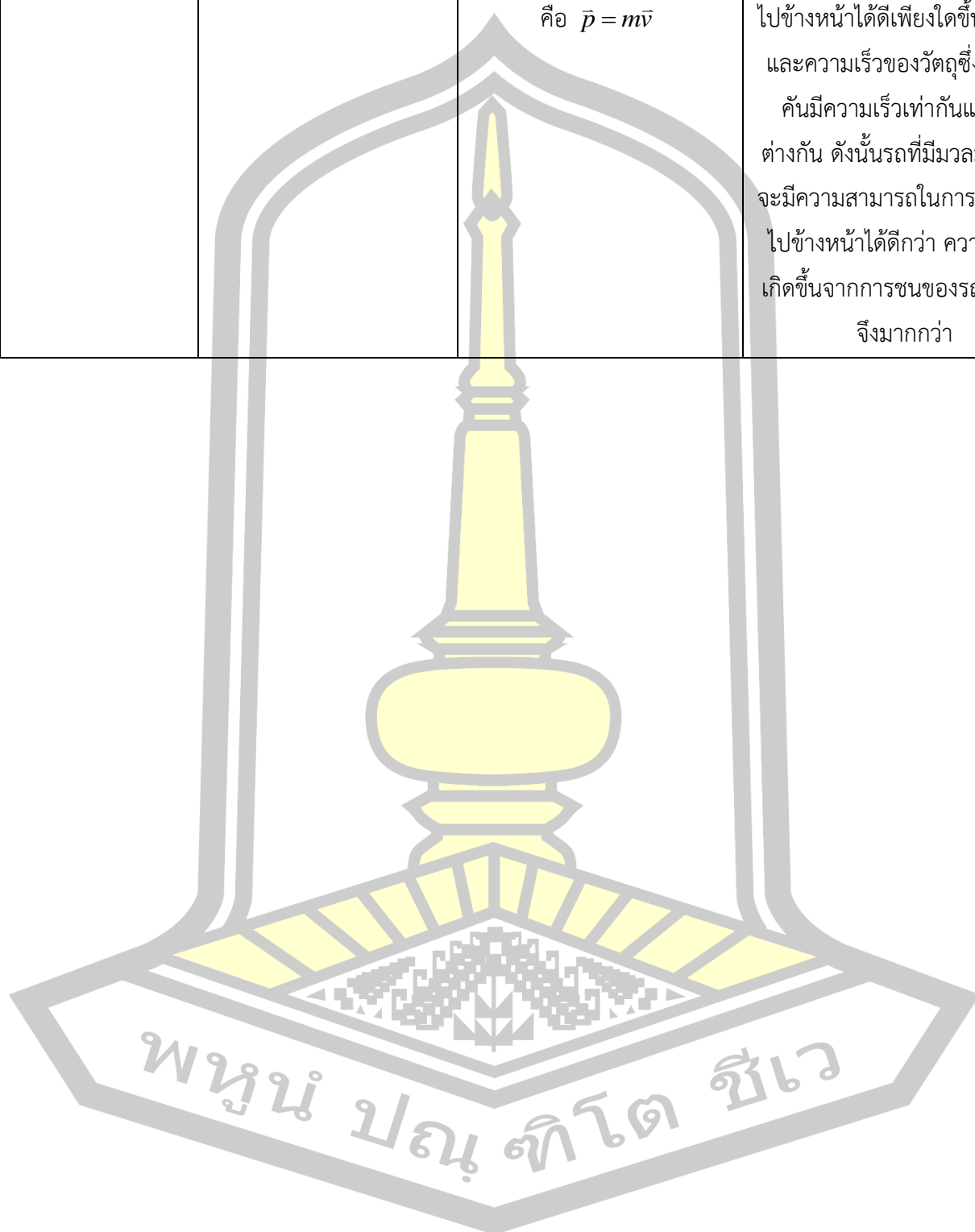


เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน

คำชี้แจง : เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีรายการประเมินทั้งหมด 3 รายการ ซึ่งดัดแปลงมาจากแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบคือ 2 1 และ 0 ตามลำดับ

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่เชื่อมโยงกับคำถามดังนี้ เช่น หลังชนรถแก้มวล 1,275 กิโลกรัมสร้างความเสียหายต่อแบรีเออร์ได้มากกว่ารถบรรทุกมวล 9,500 กิโลกรัม	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามครบถ้วนแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น ชนรถบรรทุกมวล 9,500 สร้างความเสียหายต่อแบรีเออร์ได้มากกว่ารถแก้มวล 1,275	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น หลังชนรถบรรทุกมวล 9,500 กิโลกรัมสร้างความเสียหายต่อแบรีเออร์ได้มากกว่ารถแก้มวล 1,275 กิโลกรัม
หลักฐาน (สมการ)	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุหลักฐานไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งแสดงหลักฐานที่ไม่ถูกต้อง เช่น $\Delta p = m(v-u)$	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน แสดงหลักฐานได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน เช่น $p = mv$	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างรวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้องและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เช่น $\bar{p} = m\bar{v}$
เหตุผล (เชื่อมโยงคำตอบและสมการ)	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง เช่น รถทั้งสองเคลื่อนที่ชนแบรีเออร์ด้วยความเร็วเท่ากัน ความเสียหายที่สร้างขึ้นต่อแบรีเออร์จึงมีค่าเท่ากัน	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น รถบรรทุกมวล 9,500 กิโลกรัมสร้างความเสียหายต่อแบรีเออร์ได้มากกว่ารถแก้มวล 1,275 กิโลกรัม เป็นเพราะจากสมการการหาค่า	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม เช่น รถบรรทุกมวล 9,500 กิโลกรัมสร้างความเสียหายต่อแบรีเออร์ได้มากกว่ารถแก้มวล 1,275 กิโลกรัม เป็นเพราะจากสมการการหาค่าสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุคือ $\bar{p} = m\bar{v}$ จะเห็นได้ว่าการที่วัตถุ

		สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ คือ $\vec{p} = m\vec{v}$	จะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ ไปข้างหน้าได้ดีเพียงใดขึ้นกับมวล และความเร็วของวัตถุซึ่งทั้งสอง คำนี้อาจจะเร็วเท่ากันแต่มวล ต่างกัน ดังนั้นรถที่มีมวลมากกว่า จะมีความสามารถในการเคลื่อนที่ ไปข้างหน้าได้ดีกว่า ความเสียหายที่ เกิดขึ้นจากการชนของรถบรรทุก จึงมากกว่า
--	--	---	--



2. ปืนใหญ่มวล 600 กิโลกรัม บรรจุกะสุนมวล 30 กิโลกรัม ในขณะที่ปืนใหญ่อิงกระสุนออกไปด้วยความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ปืนใหญ่เคลื่อนที่ไปทิศตรงข้ามกับกระสุนด้วยความเร็วค่าหนึ่ง หลังปืนใหญ่อิงกระสุนออกไปจะเกิดการเคลื่อนที่หรือไม่ หากมีจะเคลื่อนที่ไปทิศทาง และความเร็วเท่าใด

-ช้อกล่าวอ้าง.....

.....

.....

.....

-ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน.....

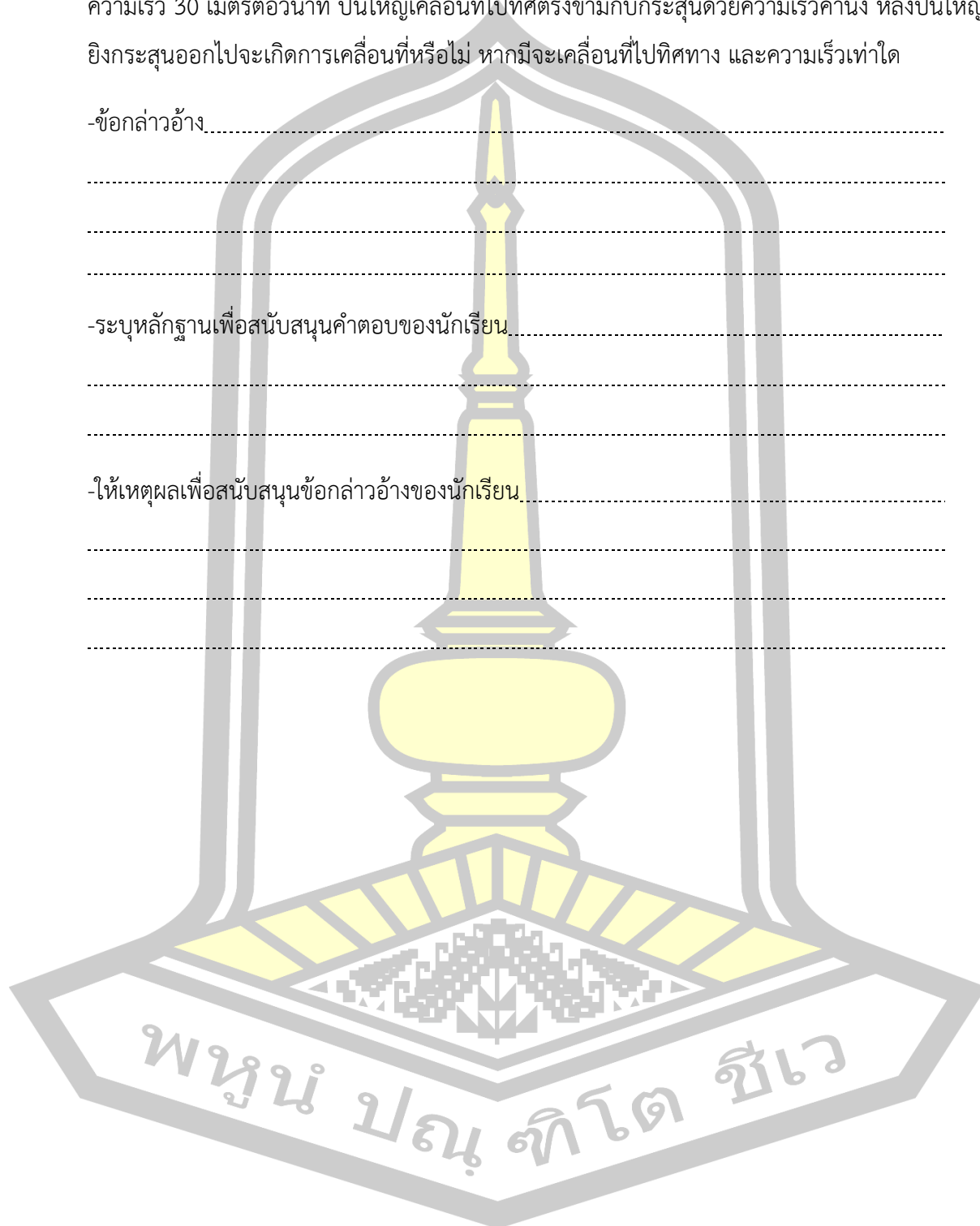
.....

.....

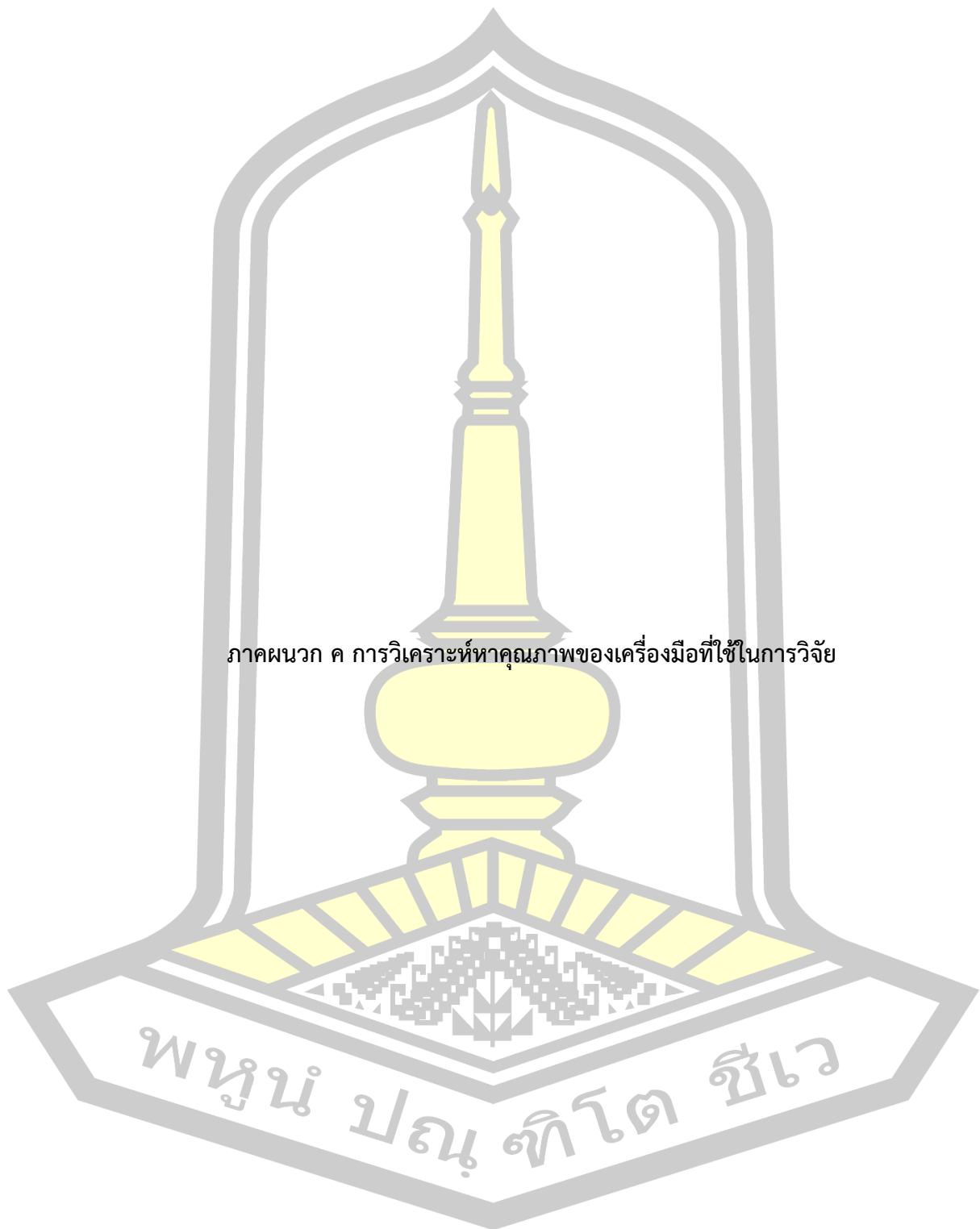
-ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนช้อกล่าวอ้างของนักเรียน.....

.....

.....



พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบ)	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ เชื่อมโยงกับคำถามดังนี้ เช่น หลังปืนใหญ่มวล 600 กิโลกรัม ยิงกระสุน มวล 30 กิโลกรัม ออกไป ปืนใหญ่ไม่มีการเคลื่อนที่	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยง กับคำถามครบถ้วนแต่ไม่ สมบูรณ์ เช่น หลังปืนใหญ่ มวล 600 กิโลกรัม ยิง กระสุนมวล 30 กิโลกรัม ออกไป ปืนใหญ่มีการ เคลื่อนที่ไปด้านหลัง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถาม ครบถ้วนสมบูรณ์เช่น หลังปืนใหญ่มวล 600 กิโลกรัม ยิงกระสุนมวล 30 กิโลกรัม ออกไป ปืนใหญ่มีการ เคลื่อนที่ไปด้านหลังด้วยความเร็ว 1.5 เมตรต่อวินาที
หลักฐาน (สมการ)	ไม่ระบุหลักฐาน หรือ ระบุหลักฐานไม่ สอดคล้องกับข้อกล่าว อ้าง รวมทั้งแสดง หลักฐานที่ไม่ถูกต้อง เช่น กฎอนุรักษ์พลังงาน	ระบุหลักฐานได้สอดคล้อง กับข้อกล่าวอ้างบางส่วน แสดงหลักฐานได้ถูกต้องแต่ ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน เช่น กฎอนุรักษ์โมเมนตัม	ระบุหลักฐานได้สอดคล้องกับข้อกล่าว อ้างรวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้อง และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าว อ้าง เช่น กฎอนุรักษ์โมเมนตัม ผลรวมโมเมนตัมก่อน=ผลรวม โมเมนตัมหลัง
เหตุผล (เชื่อมโยง คำตอบและ สมการ)	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุ เหตุผลที่ไม่มีความ เชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง เช่น หลังปืนใหญ่ยิง กระสุนออกไป ปืนใหญ่ ไม่มีการเคลื่อนที่	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับ ข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน โดยใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมแต่ ไม่สมบูรณ์ เช่น หลังปืนใหญ่ยิงกระสุน ออกไป ปืนใหญ่เคลื่อนที่ไป ด้านหลังเนื่องจากกฎอนุ รักษโมเมนตัม	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าว อ้าง และหลักฐาน โดยใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม เช่น หลังปืน ใหญ่อยิงกระสุนออกไป ปืนใหญ่ เคลื่อนที่ไปด้านหลังเนื่องจากกฎอนุ รักษโมเมนตัม ผลรวมโมเมนตัมก่อน=ผลรวม โมเมนตัมหลัง $600(0) + 30(0) = 600v + (30)(30)$ $0 = 600v + (900)$ $v = -1.5m/s$ โดยเครื่องหมายลบแทนทิศทางการ เคลื่อนที่ของปืนใหญ่



ภาคผนวก ค การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

**คำชี้แจง :** แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้  
 กรณณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของแผนการจัดการ  
 เรียนรู้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.2 มีความเป็นไปได้					
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน					
<b>2. สารสำคัญ</b>					
2.1 สารสำคัญมีความกระชับ					
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร					
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )					
<b>3. สารการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม					
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร					
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน					
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง					
4.2 เนื้อหามีความน่าเชื่อถือ					
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด					
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน					
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					

5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของ ผู้เรียน					
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน					
5.4 สร้างความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้					
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม					
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม					
6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้					
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย					
รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน					
7. การวัดและประเมินผล					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้					
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม					
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย					
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้					

ความเห็นผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

( )

ตารางที่ 20 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	13	4.3
1.2 มีความเป็นไปได้	4	4	4	12	4
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	4	4	4	12	4
<b>2. สาระสำคัญ</b>					
2.1 สาระสำคัญมีความกระชับ	4	4	4	12	4
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	4	5	13	4.3
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )	4	4	4	12	4
<b>3. สาระการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม	4	4	4	12	4
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	4	5	13	4.3
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	4	4	12	4
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง	4	4	4	12	4
4.2 เนื้อหาที่น่าสนใจ	4	4	4	12	4
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	4	4	4	12	4
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	4	3	11	3.6
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4	4	4	12	4
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน	4	4	4	12	4

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน	4	4	4	12	4
5.4 ได้รับความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4	4	4	12	4
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	4	4	4	12	4
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4	4	4	12	4
<b>6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้</b>					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	4	4	4	12	4
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	4	4	4	12	4
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน	4	4	4	12	4
<b>7. การวัดและประเมินผล</b>					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4	4	4	12	4
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	4	4	3	11	3.6
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	4	4	4	12	4
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้	4	4	3	11	3.6
ค่าเฉลี่ย	4	4	4	12.04	4.14
ระดับความเหมาะสม					เหมาะสม มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.66
1.2 มีความเป็นไปได้	5	4	5	14	4.66
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5	4	4	13	4.33
<b>2. สาระสำคัญ</b>					
2.1 สาระสำคัญมีความกระชับ	5	4	4	13	4.33
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )	5	5	4	14	4.66
<b>3. สาระการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	5	5	15	5
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	4	13	4.33
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง	5	4	4	13	4.33
4.2 เนื้อหาที่น่าสนใจ	5	4	4	13	4.33
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	5	4	4	13	4.33
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	4	13	4.33
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	4	13	4.33
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน	5	5	3	13	4.33

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน	5	4	3	12	4
5.4 ได้รับความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	5	4	4	13	4.33
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	5	4	4	13	4.33
<b>6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้</b>					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	5	4	4	13	4.33
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน	5	4	4	13	4.33
<b>7. การวัดและประเมินผล</b>					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5	4	3	12	4
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	5	4	14	4.66
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้	5	4	3	12	4
ค่าเฉลี่ย	5	4.15	4	13.15	4.38
ระดับความเหมาะสม					เหมาะสม มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.66
1.2 มีความเป็นไปได้	5	4	4	13	4.33
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5	4	4	13	4.33
<b>2. สาระสำคัญ</b>					
2.1 สาระสำคัญมีความกระชับ	5	4	4	13	4.33
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )	5	4	3	12	4
<b>3. สาระการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	4	13	4.33
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง	5	4	4	13	4.33
4.2 เนื้อหาที่น่าสนใจ	5	5	4	14	4.66
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	5	4	4	13	4.33
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	3	12	4
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	4	13	4.33
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน	5	4	4	13	4.33

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน	5	4	4	13	4.33
5.4 ได้รับความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5	4	3	12	4
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	5	4	4	13	4.33
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	5	5	4	14	4.66
<b>6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้</b>					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	5	4	4	13	4.33
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน	5	5	4	14	4.66
<b>7. การวัดและประเมินผล</b>					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5	5	3	13	4.33
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	4	4	13	4.33
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้	5	4	5	13	4.33
ค่าเฉลี่ย	5	4.15	4	13.11	4.37
ระดับความเหมาะสม					เหมาะสม มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.66
1.2 มีความเป็นไปได้	5	4	4	13	4.33
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5	4	4	13	4.33
<b>2. สาระสำคัญ</b>					
2.1 สาระสำคัญมีความกระชับ	5	4	4	13	4.33
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )	5	4	4	13	4.33
<b>3. สาระการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	4	4	13	4.33
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง	5	4	4	13	4.33
4.2 เนื้อหาที่น่าสนใจเชื่อถือ	5	4	4	13	4.33
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	5	5	4	14	4.66
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	3	12	4
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	4	13	4.33
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน	5	4	4	13	4.33

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน	5	5	3	13	4.33
5.4 ได้รับความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	5	4	4	13	4.33
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	5	4	4	13	4.33
<b>6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้</b>					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	5	4	4	13	4.33
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน	5	4	4	13	4.33
<b>7. การวัดและประเมินผล</b>					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5	4	4	13	4.33
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	4	5	14	4.66
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้	5	4	3	12	4
ค่าเฉลี่ย	5	4.08	4.38	13.11	4.37
ระดับความเหมาะสม					เหมาะสม มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.66
1.2 มีความเป็นไปได้	5	4	4	13	4.33
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5	4	4	13	4.33
<b>2. สาระสำคัญ</b>					
2.1 สาระสำคัญมีความกระชับ	5	4	4	13	4.33
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )	5	4	4	13	4.33
<b>3. สาระการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม	5	4	4	13	4.33
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	5	5	4	14	4.66
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง	5	4	4	13	4.33
4.2 เนื้อหาที่น่าสนใจ	5	4	4	13	4.33
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	5	4	4	13	4.33
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	3	12	4
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	5	4	4	13	4.33
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน	5	4	4	13	4.33

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน	5	4	4	13	4.33
5.4 ได้รับความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	5	4	4	13	4.33
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	5	4	4	13	4.33
<b>6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้</b>					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	5	5	4	14	4.66
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน	5	4	4	13	4.33
<b>7. การวัดและประเมินผล</b>					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5	4	4	13	4.33
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	4	3	12	4
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้	5	4	3	12	4
ค่าเฉลี่ย	5	4.08	4	13.08	4.35
ระดับความเหมาะสม					เหมาะสม มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

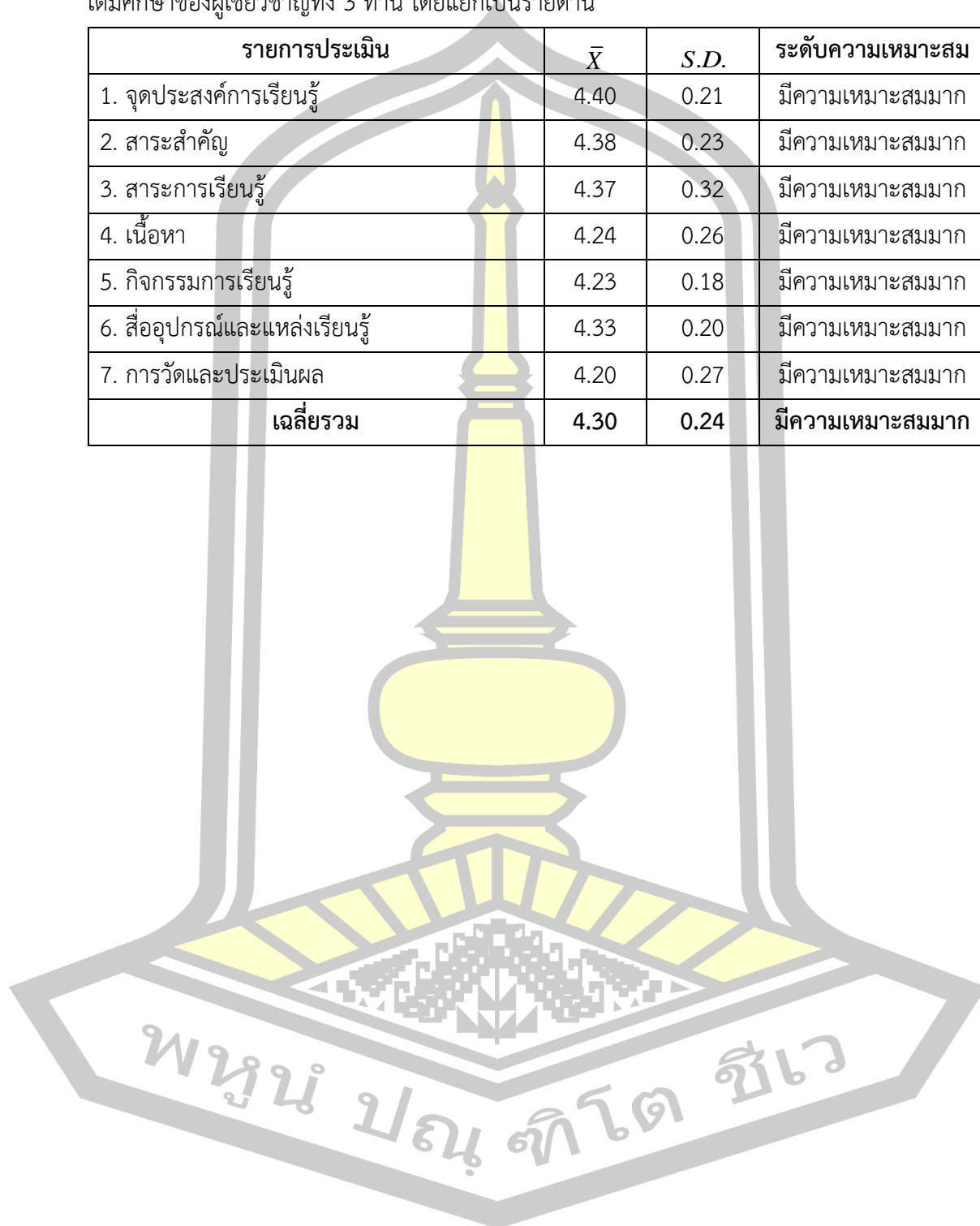
รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			คะแนนรวม	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	14	4.66
1.2 มีความเป็นไปได้	5	4	4	13	4.33
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุไว้ชัดเจน	5	4	4	13	4.33
<b>2. สาระสำคัญ</b>					
2.1 สาระสำคัญมีความกระชับ	5	4	4	13	4.33
2.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	4	13	4.33
2.3 ความหมายชัดเจน มีความเข้าใจง่ายกับระดับชั้นของผู้เรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 )	5	4	5	14	4.66
<b>3. สาระการเรียนรู้</b>					
3.1 ความยากง่าย และความเหมาะสม	4	4	4	12	4
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	5	4	5	14	4.66
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	4	3	11	3.66
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 เนื้อหา และภาษามีความถูกต้อง	5	4	4	13	4.33
4.2 เนื้อหาที่น่าสนใจเชื่อถือ	5	4	4	13	4.33
4.3 เป็นไปตามตัวชี้วัด	5	4	4	13	4.33
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	5	4	3	12	4
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4	4	4	12	4
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัย และความสามารถของผู้เรียน	5	4	4	13	4.33

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
5.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด และความสามารถของ ผู้เรียน	5	4	4	13	4.33
5.4 ได้รับความสนใจ ให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	5	4	4	13	4.33
5.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	5	4	4	13	4.33
<b>6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้</b>					
6.1 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้เองได้	5	4	4	13	4.33
6.2 สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	4	13	4.33
6.3 สื่อมีความกระตุ้นความสนใจต่อผู้เรียน	5	4	5	14	4.66
<b>7. การวัดและประเมินผล</b>					
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	5	4	4	13	4.33
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	5	4	4	13	4.33
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุได้	5	4	3	12	4
ค่าเฉลี่ย	4.88	4	4.04	12.92	4.30
ระดับความเหมาะสม					เหมาะสม มาก

พหุบัณฑิต ชีวะ

ตารางที่ 26 แสดงสรุปผลการประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยแยกเป็นรายด้าน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนรู้	4.40	0.21	มีความเหมาะสมมาก
2. สาระสำคัญ	4.38	0.23	มีความเหมาะสมมาก
3. สาระการเรียนรู้	4.37	0.32	มีความเหมาะสมมาก
4. เนื้อหา	4.24	0.26	มีความเหมาะสมมาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้	4.23	0.18	มีความเหมาะสมมาก
6. สื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้	4.33	0.20	มีความเหมาะสมมาก
7. การวัดและประเมินผล	4.20	0.27	มีความเหมาะสมมาก
<b>เฉลี่ยรวม</b>	<b>4.30</b>	<b>0.24</b>	<b>มีความเหมาะสมมาก</b>



ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้าง  
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมี  
ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง	สรุปผลการ ประเมิน
			1	2	3			
โมเมนตัม	อธิบายความหมาย และคำนวณหาค่า โมเมนตัมของวัตถุ	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
การดล	อธิบายการดล และคำนวณหาค่าการ ดลจากสมการ และพื้นที่ใต้กราฟ	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		5	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
		6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
แรงดล	อธิบายแรงดล และคำนวณหาค่าจาก สมการ	7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		8	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
		9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
การชนไม่ ยืดหยุ่น	อธิบาย และคำนวณหาค่าปริมาณ ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุ ใน 1 มิติ แบบไม่ยืดหยุ่น	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
การชนแบบ ยืดหยุ่น	อธิบาย และคำนวณหาค่าปริมาณ ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการชนของวัตถุ ใน 1 มิติ แบบยืดหยุ่น	12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
การตีตัวแยก ออกจากกัน	อธิบาย และคำนวณหาค่าปริมาณ ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตีตัวแยก ออกจากกัน	14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
		15	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 28 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1	0.34	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.45	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.35	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.31	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.41	ใช้ได้	0.51	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.40	ใช้ไม่ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
7	0.37	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.33	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.38	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.38	ใช้ได้	0.46	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.22	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.41	ใช้ได้	0.41	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.45	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.31	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.35	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้

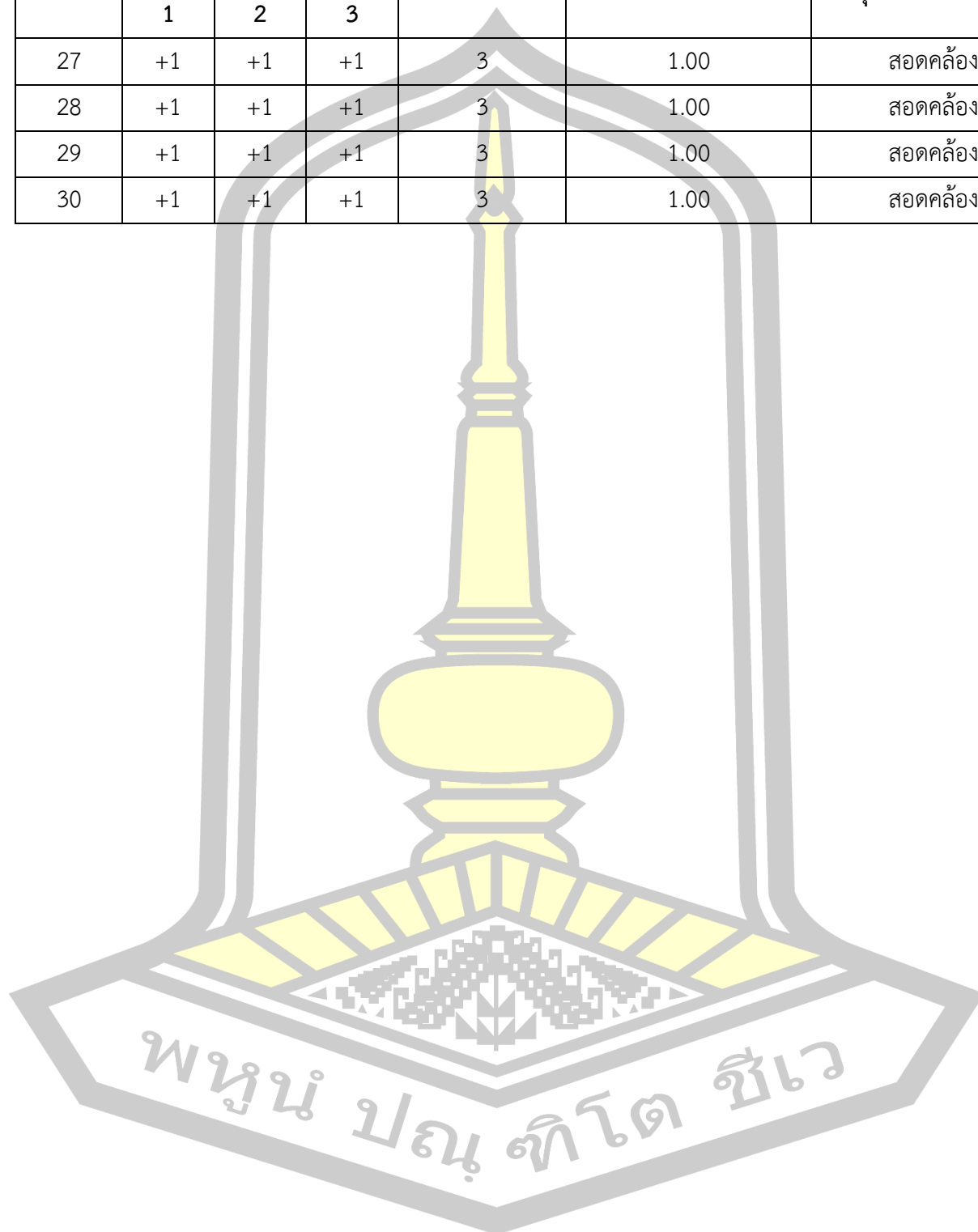
คัดเลือกข้อสอบจำนวน 8 ข้อ ไปใช้จริงซึ่งมีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.41 – 0.62 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.3 – 0.45 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชนมีค่าเท่ากับ 0.92

พูน ปณ ทิโต ชิว

ตารางที่ 29 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
9	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
11	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
12	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
17	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
21	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
24	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวมคะแนน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	สรุปผลการประเมิน
	1	2	3			
27	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง
30	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง



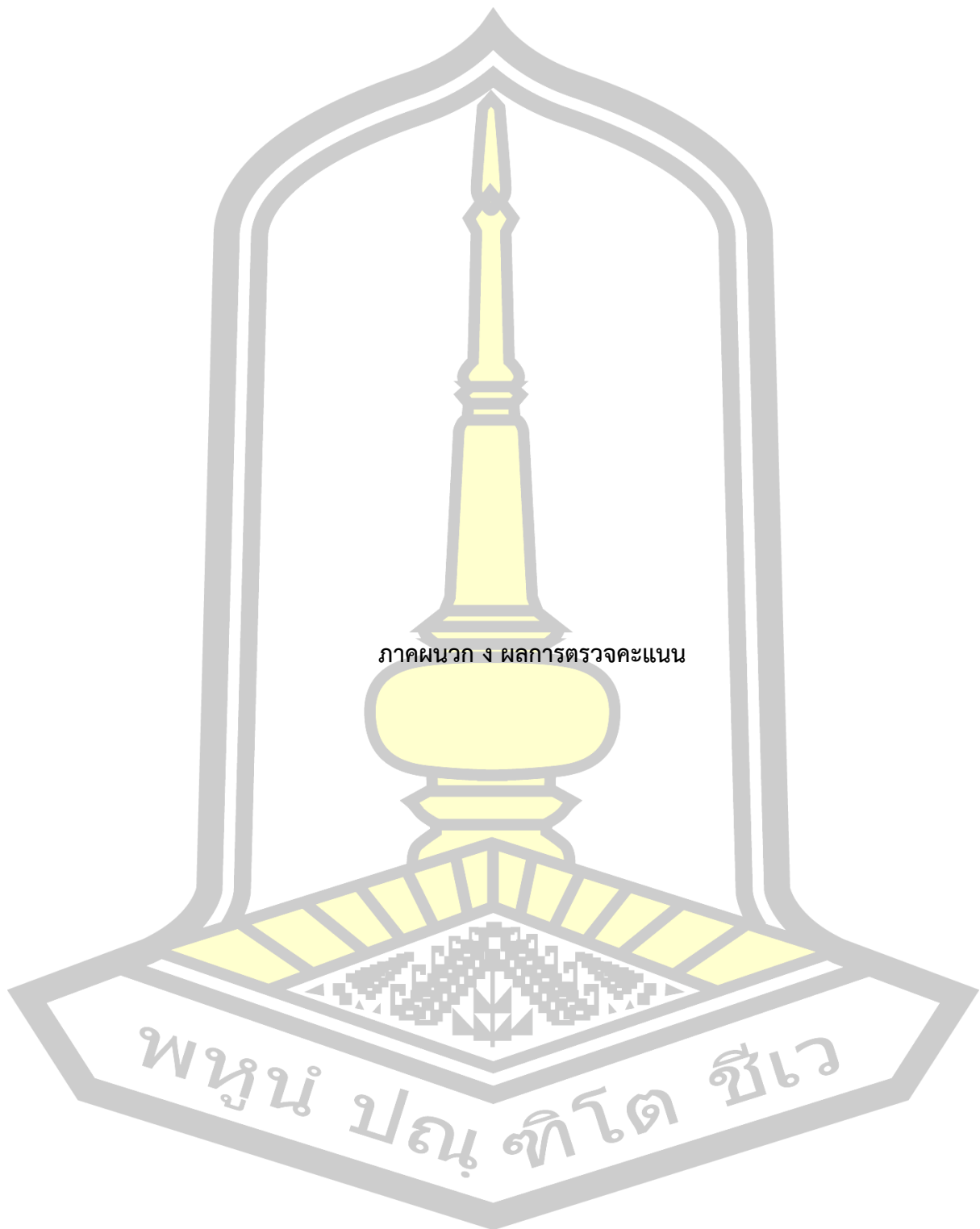
ตารางที่ 30 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจแจกแจงและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัม และการชน

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1	0.23	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.4	ใช้ได้	0.5	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.23	ใช้ได้	0.52	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.33	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.25	ใช้ได้	0.75	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.4	ใช้ได้	0.5	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.33	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.18	ใช้ไม่ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
9	0.45	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.2	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.23	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.33	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.35	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.3	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.3	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.25	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.25	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.4	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.3	ใช้ได้	0.5	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.35	ใช้ได้	0.55	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.33	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.23	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้
23	0.25	ใช้ได้	0.4	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.33	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.3	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.35	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้ได้
27	0.33	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
28	0.4	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.3	ใช้ได้	0.5	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.23	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้

คัดเลือกข้อสอบจำนวน 20 ข้อ ไปใช้จริงซึ่งมีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.25 – 0.65 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.23 – 0.4 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง โมเมนตัม และการชน มีค่าเท่ากับ 0.91





ผลคะแนนการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 31 แสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัม และการชน

เลขที่	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			คะแนนรวม (48)
	ข้อกล่าวอ้าง (16)	หลักฐาน (16)	การให้เหตุผล (16)	
1	12	15	13	40
2	12	14	14	40
3	12	13	10	35
4	14	15	14	43
5	14	13	11	38
6	12	14	15	41
7	13	14	11	38
8	13	14	12	39
9	14	14	12	40
10	13	15	12	40
11	13	11	12	36
12	16	13	12	41
13	12	10	11	33
14	13	12	11	36
15	15	13	11	39
16	13	9	11	33
17	13	12	13	38
18	12	12	10	34
19	15	11	12	38
20	10	13	14	37
21	13	12	11	36
22	13	15	11	39
23	12	13	12	37

เลขที่	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			คะแนนรวม (48)
	ข้อกล่าวอ้าง (16)	หลักฐาน (16)	การให้เหตุผล (16)	
24	14	10	10	34
25	13	13	12	38
26	10	14	10	34
27	14	16	10	40
28	14	12	12	38
29	12	11	13	36
30	9	14	13	36
31	16	13	11	40
32	12	14	15	41
33	13	13	13	39
34	15	11	12	38
35	13	13	11	37
36	14	14	13	41
37	16	13	11	40
38	12	13	11	36
39	13	13	13	39
40	12	13	11	36
$\sum X$	521	517	476	1,514
$\bar{x}$	13.02	12.93	11.9	37.85
S.D.	1.53	1.51	1.34	4.37

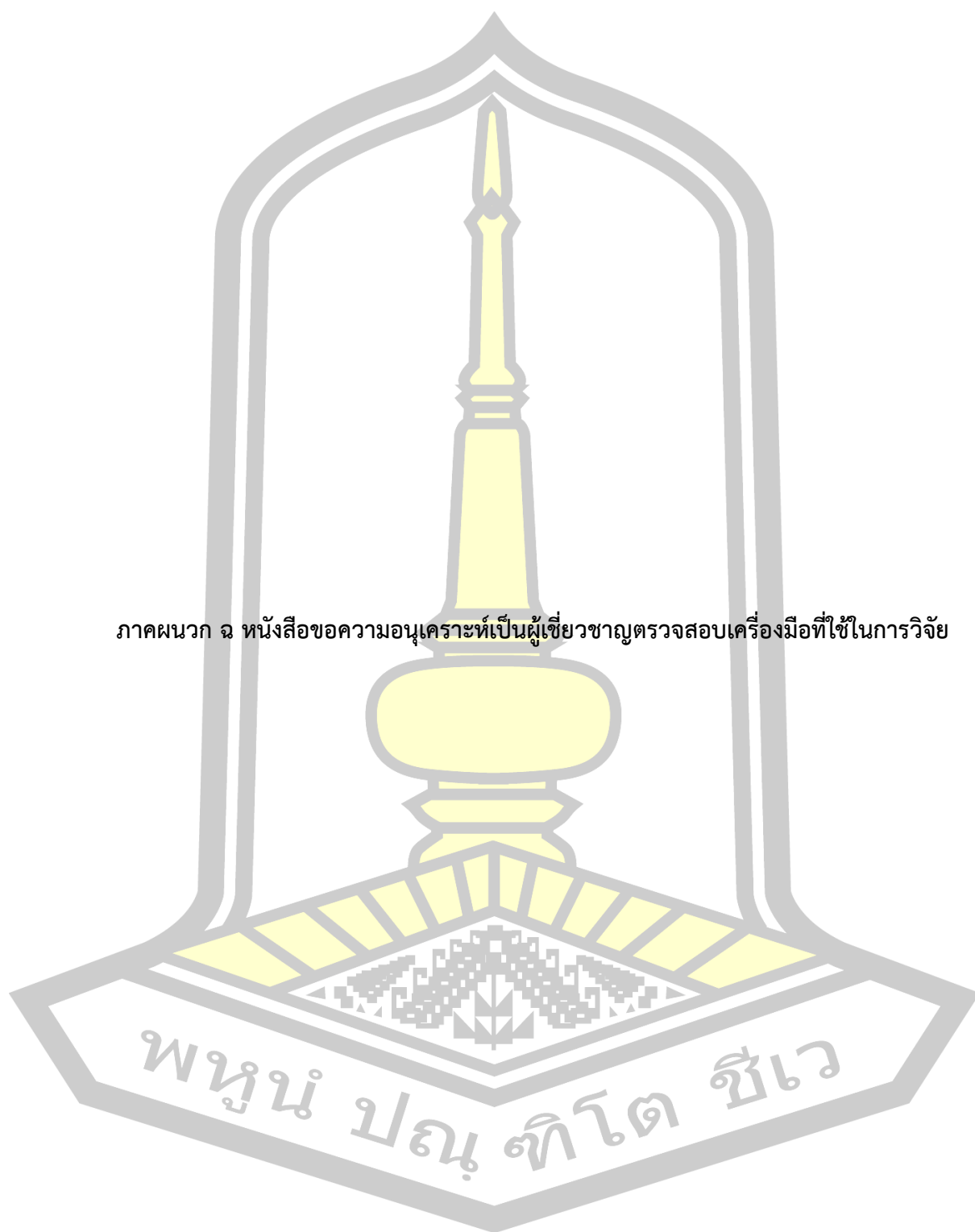
พูน ปณ ทิโต ชีเว

ผลคะแนนการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนต์มัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 32 แสดงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เลขที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ (20)	เลขที่	คะแนนผลสัมฤทธิ์ (20)
1	18	21	15
2	15	22	13
3	14	23	16
4	16	24	14
5	16	25	15
6	14	26	17
7	17	27	14
8	15	28	20
9	18	29	15
10	15	30	20
11	15	31	14
12	15	32	15
13	14	33	16
14	15	34	16
15	14	35	15
16	14	36	15
17	17	37	15
18	14	38	12
19	15	39	15
20	14	40	17
$\sum X$		614.00	
$\bar{x}$		15.35	
S.D.		1.657	



ภาคผนวก ฉ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ที่ อว 0605.5(2)/ว5259

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวอรนุช โวหารกล้า

ด้วย นายมันคง โลหะมาศ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้ เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)  
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์  
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174  
เบอร์โทรนิสิต 0613735331



### บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว5259

วันที่ 15 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์

ด้วย นายมันคง โลหะมาศ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานศูนย์ ประชุม ทักษะ โทษะ



### บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว5259

วันที่ 15 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนื่องเฉลิม

ด้วย นายมั่นคง โลหะมาศ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โมเมนตัม และการชน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

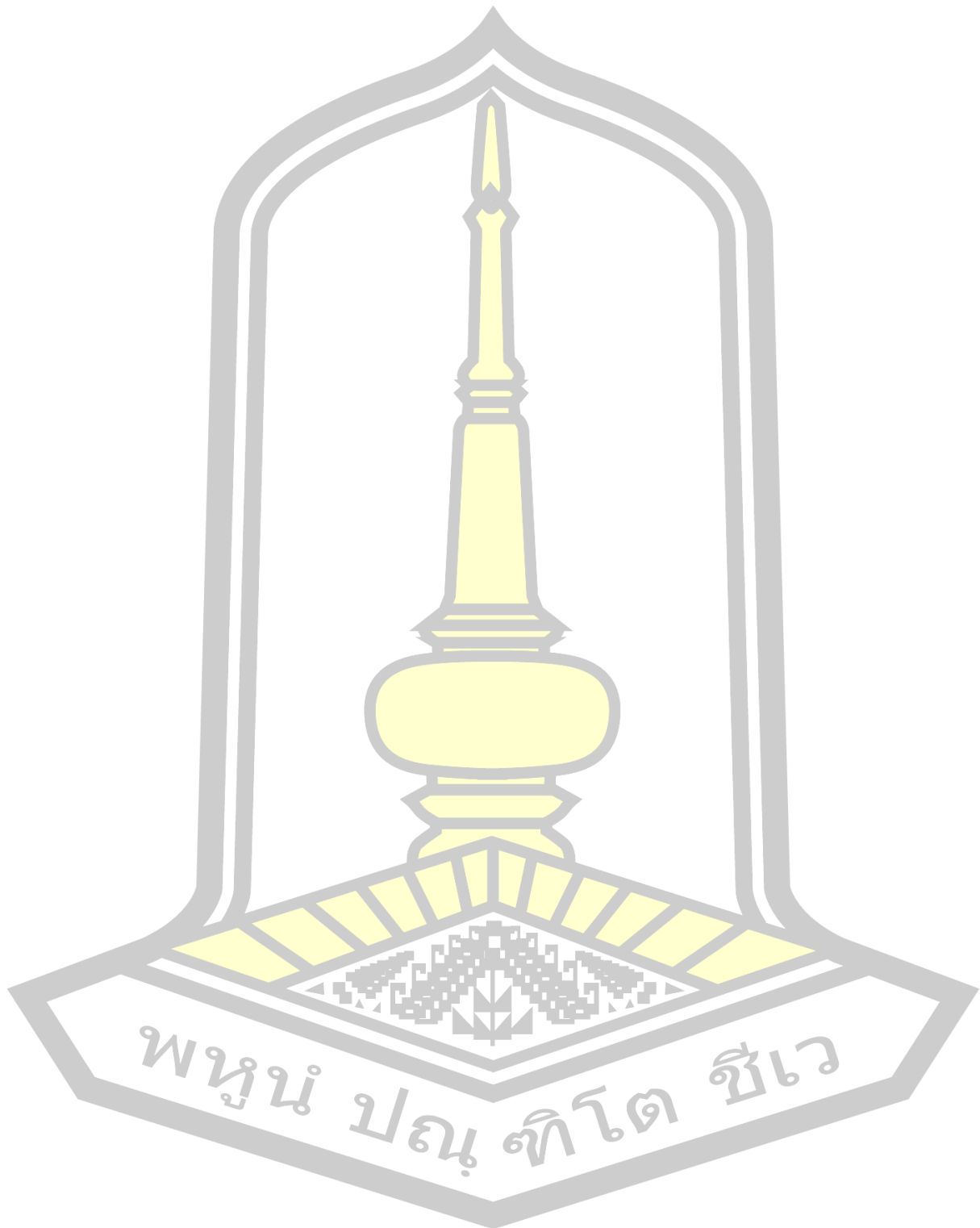
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พูน ปรณ ทิโต ชีเว

บรรณานุกรม



### บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning): รายวิชาการออกแบบ และพัฒนาหลักสูตร สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 11(2), 179-192.
- กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โครงการ PISA ประเทศไทย. (2556). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กุสุมา แสงศรี. (2561). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- เกริก และจินตนา ท่วมกลาง. (2555). การพัฒนาสื่อ/นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อเลื่อนวิทยฐานะ. (พิมพ์ครั้งแรก). กรุงเทพฯ : สถาพรบุ๊คส์.
- จงกล บุญรอด. (2557). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จริญญา ปรีชาวิภาช. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่องโจทย์ปัญหาอัตราส่วนสัดส่วนและร้อยละที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- จิราณี เมืองจันทร์. (2557). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD แบบผสมผสาน เรื่องคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- ฉลองวุฒิ จันทรหอม. (2563). การพัฒนาทบทปฏิบัติการเรื่องระบบย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฉัตรศิริ ปัยวิมลศิริ.(2541). “การวิเคราะห์ข้อสอบ,”ใน วารสารการศึกษา.สำนักทดสอบทางการศึกษา และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 20 (58) : พฤษภาคม-สิงหาคม,2541.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 5-20.
- ชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง.(2552).การใช้สถานการณ์จำลองเพื่อเป็นสื่อการสอนวิชาเคมีในระบบออนไลน์. นิตยสาร สสวท. ปีที่ 38 ฉบับที่ 162.
- ชาพิณา หลีกแหล่ง. (2552). ผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมูลนิธิอาชีวะสถาน (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี.
- ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์. (2564). การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ณัฐวรรณ ศศิธร และเอกภูมิ จันทรขันธ์ (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนที่กลวิธี การโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2561). การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา. มหาสารคาม: ตักสิลาการ พิมพ์.
- ทวีป แซ่ฉิน. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี Constructionism เพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม App Inventor สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นัจญ์มีย์ สะอะ. (2550). ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ลักษณะการเรียนรู้ด้วยตนเอง และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี

นันทชา อัมฤทธิ.(2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องงาน และพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4(วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์). มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก.

นำพงศ์ จันทรโท. (2563). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพร่างกายของมนุษย์ (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

บุญนำ อินทนนท์. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโยธินบำรุงที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2560). วิจัยการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี หล้าเบ็ญสะ. (2559). การหาค่าคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล. ยะลา : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ปริญญ์ มานูจา. (2560). การศึกษาการคิดไตร่ตรองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ปิยะธิดา ปัญญา. (2562). สถิติสำหรับการวิจัย. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

พัฒน์ดา มีลา และรมเกล้า อัจเจตช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน (วิทยานิพนธ์วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- พิมพ์ชชา ศาสตราชัย (2562). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทักษะการทำงานเป็น ทีม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ไพโรจน์ คะเชนทร์. (2556). การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. สืบค้น 13 กันยายน 2564, จาก <http://www.wattoongpel.com>.
- ไพศาล วรคำ. (2562). การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 9). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- ภัทรสุดา หาดขนท. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยเน้นการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลมฟ้าอากาศ และการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ภาคภูมิ พุ่มพวง. (2561). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เรื่องโมเมนต์ตัมและการชน ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ กศ.ม). พิษณุโลก. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็น ฐาน (5E) (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรังสิต.
- รัตนะ บัวสนธิ์. (2554). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครสวรรค์ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดริมปีงการพิมพ์.
- รุสดา จะปะเกีย. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนชีววิทยา และความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์. (2566). รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self-Assessment Report : SAR). การพินิจ : โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์.
- วณิชชา หมั่นเรียน. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยรังสิต.

วรรณิสา ร้อยกรอง และธิติยา บงกชเพชร. (2562). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสำรวจและการผลิตปิโตรเลียม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วัลลี สัตยาศัย. (2547). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพมหานคร : บุคเน็ท.

วารุณี หนองห้าง. (2553). ทักษะการคิดพื้นฐานวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองห้างพิทยา จังหวัดกาฬสินธุ์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติของบรูเนออร์ (การศึกษาค้นคว้าอิสระ). ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). ผลการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอน แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ (วิทยานิพนธ์ ค.ม.). กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สรวิทย์ นาคเกษม. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนารการเรียนรู้.

สิรินทรา มินทะขัติ. (2556). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem - Based Learning) เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). *สะเต็มศึกษา*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2), 201-207.
- สุทธิชาติ เปรมกมล. (2560). *ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต)*. กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุทธิดา จำรัส. (2560). *นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา*. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 10(2).
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย : การพัฒนาการ และภาวะถดถอย*. กรุงเทพมหานคร : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุรางค์ โค้วตระกูล. (2541). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2550). *การวิจัยประเมินความต้องการจำเป็น*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อภิสิทธิ์ ңызชัย. (2556). *สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา*. วารสารสมาคมครุวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19(1), 15-18.
- อาภรณ์ แสงรัศมี. (2543). *ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อลักษณะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต)*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารยา แจ่มใจ (2557) *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง*. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อารีย์ วชิรวารการ. (2542). *การวัดและการประเมินผลการเรียน*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สมุทรปราการ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.
- Anderson, L W, & Krathwohl D R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman
- Barrow HS. (2000). *Problem-Based Learning Applied to Medical Education*. Rev Ed. Southern University School of Medicine, Springfield, Illinois.

- Breiner, J. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brunsell, E. (2012). Designing Science Inquiry: Claim + Evidence + Reasoning = Explanation. Retrieved from <http://www.edutopia.org/blog/science-inquiry-claim-evidence-reasoning-ericbrunsell>
- Diana, D., & Henk, S. (1995). *The Advantage of Problem-Based Curriculum*. Netherlands: Department of Educational Development and Research University of Limburg.
- Etherington, M. B. (2011). Investigative primary science: A problem-based learning approach. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(9), 53-74.
- Gijsselaers, W.H. (1996). *Connecting Problem-Based Practices with Educational Theory*. San Francisco : Jossey-Bass.
- Hmelo, C.E., & Lin, Xiaodong. (2000). *Becoming Self-Directed Learners : strategy Development in Problem-Based Learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Laksmi, M. L., Sari, D. P., Rinanto, Y., & Sapartini, R. R. (2021). *Implementation of Problem Based Learning to Increase Scientific Explanation Skill in Biology Learning about the Environment*. *Journal of Learning for Development*, 8(3), 532-540.
- LaForce, M., Noble, E., & Blackwell, C. (2017). *Problem-Based Learning (PBL) and Student Interest in STEM Careers: The Roles of Motivation and Ability Beliefs*. *Education Sciences*, 7, 92.
- Lou, S. J., Shin, R.C., Diez, C.R., & 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
- McNeil, K.L., & Krajcik, J. (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating The Effects of teacher's Instructional Practices on Student Learning. *Journal of research in science teaching*, 44(1), 53-78.

- McNeil, L.K., Lizotte, J.D., Krajcik, J., & Marx W.R. (2006). Supporting Student's Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the learning science*, 15(2), 153-191.
- O'Neil, T. (2012). Teaching STEM means teacher learning. *Phi Delta Kappan*, 94(1), 36-40.
- Primo, R. A. M., & al., e. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Students' Scientific Explanations and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583-608.
- Palupi, B. S., & Subiyantoro, S. (2020). The Effectiveness of Guided Inquiry Learning (GIL) and Problem-Based Learning (PBL) for Explanatory Writing Skill. *International Journal of Instruction*, 13(1), 713-730
- Schmidt, H.G. (1983). "Problem-Based Learning: Rationale and Description". *Medical Education*. 17 (January 1983),11-16.
- Usman, G. B. T., Ali, M. N., & Ahmad, M. Z. (2023). *Effectiveness of STEM problem-based learning on the achievement of biology among secondary school students in Nigeria*. *Journal of Turkish Science Education*, 20(3), 453-467
- Wulandari, F. E., & Shofiyah, N. (2018, April). *Problem-based learning: effects on student's scientific reasoning skills in science*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1006, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
- Zangori L., & Forbes T.C. (2014). Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Eased Explanations about Plant Processes. *Science education*, 100(6), 961-982.

พหุ ประถมศึกษา

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายมั่นคง โลหะมาศ
วันเกิด	15 พฤศจิกายน 2539
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองบึงกาฬ ตำบลโนนสมบูรณ์ จังหวัดบึงกาฬ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่.335 หมู่ 4. ตำบล.หลุบ อำเภอ.เมือง จังหวัด.กาฬสินธุ์ 46000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ (อิเล็กทรอนิกส์) คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2568 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พูนัน ปณฺ ทิโต ชิวเว